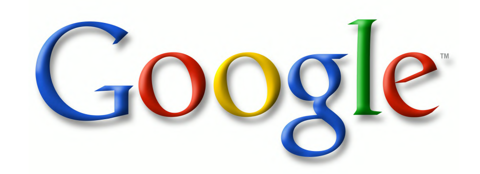







G. 113. D. 1.



LA PHOTOGRAPHIE

APPLIQUÉE AUX RECHERCHES

MICROGRAPHIQUES

PRINCIPALES PUBLICATIONS DE L'AUTEUR.

Étude sur les propriétés des solanées et sur leurs principes actifs, thèse de doctorat en médecine, in-8°. (Montpellier 1856.)

De l'urine, thèse de concours pour l'agrégation, in-4°. (Paris, 1856.)

Nouvelle méthode pour le tirage des épreuves photographiques positives, in-4°. (Paris, 1855.)

Sur la constitution des péridots normaux et altérés du Puy-de-Dôme, Académie des sciences et lettres de Montpellier. (Montpellier 1861.)

Étude chimique des eaux minérales de Lamalou (Hérault), Académie des sciences et lettres de Montpellier, in-8°, avec deux planches. (Montpellier, 1861.)

Recherches sur quelques eaux minérales à l'aide du spectroscope (en collaboration avec M. E. Diacon), Montpellier médical, in-8°. (Montpellier 1861.)

Sur les produits de la distillation sèche du camphorate de cuivre, Académie des sciences et lettres de Montpellier, in-8°. (Montpellier, 1863.)

Nouvelles recherches sur les eaux minérales de Lamalou, Montpellier médical. (Montpellier, 1863 et 1865.)

Recherches sur la salicine et les composés salicyliques, thèse de doctorat ès sciences, in-4°. (Montpellier, 1864.)

Recherches sur la dilatation du soufre, in-4°, avec planche, thèse de doctorat ès sciences. (Montpellier, 1864.)

Paris. — Imprimerie de E. Martinet, rue Mignon, 2.

LA PHOTOGRAPHIE

APPLIQUÉE AUX RECHERCHES

MICROGRAPHIQUES

PAR

A. MOITESSIER

Docteur ès-sciences,
Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Montpellier,
Membre de l'Académie des sciences et lettres
de la même ville, etc.

Avec 41 figures gravées d'après des photographies

ET TROIS PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

PARIS

J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DE MÉDECINE

Rue Hautefeuille, 19

1866

LA

PHOTOGRAPHIE

APPLIQUÉE

AUX RECHERCHES MICROGRAPHIQUES

INTRODUCTION

Parmi les moyens qui ont le plus puissamment contribué aux progrès récents des sciences naturelles, il n'en est pas qui ait eu une part plus large et plus utile que l'emploi du microscope; ce n'est pas cependant sans rencontrer les plus vives oppositions que cet instrument a fini par conquérir, dans les études scientifiques, la place importante qu'il y occupe aujourd'hui. Quelques savants, peu initiés à ce nouveau moyen d'observation, se refusèrent à accepter les découvertes nombreuses qui

surgissaient de tous côtés, et n'hésitaient pas à considérer comme des illusions les faits les mieux avérés, qui sont aujourd'hui vulgaires dans la science. Cependant, grâce aux efforts persévérants de quelques esprits convaincus, la micrographie n'a pas tardé à s'élever au rang des sciences positives; mais, à la défiance qu'elle avait d'abord inspirée succéda, dans bien des cas, l'exagération, dont les natures trop enthousiastes ne peuvent toujours s'affranchir. Les idées théoriques n'ont pas tardé à devancer les résultats de l'expérience; une fois guidé par un esprit de système, l'observateur le plus sérieux exagérait de bonne foi l'importance de ses découvertes, et l'iconographie elle-même devait se ressentir de ce défaut. Que de fois, en effet, n'a-t-on pas représenté par des figures des objets hypothétiques, dont une étude mieux dirigée n'a pas tardé à faire justice !

En perfectionnant pour l'appliquer au microscope la chambre claire de Wollaston, Amici fit faire un progrès d'une importance réelle à l'iconographie des objets microscopiques. Il suffit, en effet, pour obtenir avec cet appareil un dessin des corps que l'on étudie, de calquer pour ainsi dire leur image sur un

écran où elle vient se peindre, et il semble dès lors qu'il soit complétement impossible de mal interpréter la nature. Il ne faudrait pas croire cependant qu'une main inhabile puisse, à l'aide de la chambre claire, reproduire avec exactitude l'apparence d'un objet microscopique; cet instrument n'est qu'un moyen d'abréger le travail du dessinateur en donnant plus de précision au résultat, mais il ne résout qu'une partie du problème. La principale difficulté qui se présente dans l'étude de la micrographie consiste avant tout à bien voir, et la chambre claire peut seulement aider à bien dessiner; elle est donc incapable d'exclure, comme on l'a trop souvent pensé, la part qui revient toujours aux idées théoriques, et si, entre les mains exercées du savant, elle est souvent d'une très-grande utilité, elle ne fournit jamais que des résultats bien imparfaits entre celles d'un artiste sans éducation scientifique.

On comprend d'après cela quel prix devra attacher le micrographe à une méthode iconographique capable de représenter les objets qu'il étudie en faisant abstraction de toute cause d'erreur; l'admirable découverte de Daguerre était destinée à remplir cette lacune, et son application aux études

micrographiques devait suivre de près sa vulgarisation. Les premiers travaux utiles effectués dans cette direction sont dus à M. Donné, qui présenta, en 1840, à l'Académie des sciences, la reproduction de plusieurs objets d'histoire naturelle et de quelques tissus obtenus à l'aide de son microscope daguerréotype. En 1845, ce savant publiait, avec M. Léon Foucault, un magnifique atlas relatif à l'étude des fluides de l'économie, et contenant un grand nombre de figures gravées d'après des images daguerriennes (1). Cette œuvre réalisait déjà un grand progrès dans la science; rien ne pouvait infirmer l'exactitude des dessins originaux, mais l'art du graveur devait encore intervenir dans le résultat définitif, et l'on sait combien il est quelquefois difficile de faire comprendre à l'artiste ce qui constitue le vrai caractère d'une image micrographique.

Les progrès récents de la photographie n'ont pas tardé à fournir de nouveaux moyens, bien préférables à l'emploi du procédé primitif de Daguerre; et la substitution du collodion ou de l'albumine à la

(1) *Atlas du cours de microscopie*, exécuté d'après nature au microscope daguerréotype, par A. Donné et L. Foucault; Paris, 1845, in-folio.

plaque d'argent offrit aux expérimentateurs un champ nouveau qui fut bientôt exploité avec succès. MM. Bertsch et Nachet, en France, M. Mayer à Francfort, MM. Hodgson, Shadbolt, Wenham en Angleterre, et beaucoup d'autres micrographes, obtinrent par les nouvelles méthodes des épreuves sur papier de plusieurs préparations microscopiques qui faisaient pressentir toute l'importance de cette utile application. Cependant, jusqu'à ces dernières années, les reproductions de cette nature étaient regardées plutôt comme une difficulté vaincue que comme des œuvres d'une utilité sérieuse. A l'exception de quelques résultats sortis des mains d'habiles expérimentateurs, ces images photographiques étaient loin, en effet, de répondre par leur perfection aux exigences des objets délicats qu'elles représentaient, et elles ont fait juger trop sévèrement une méthode qui avait le seul défaut d'avoir été imparfaitement appliquée. Aujourd'hui, cependant, l'impulsion toujours croissante que les diverses sciences impriment aux recherches micrographiques fait sentir la nécessité d'un si puissant auxiliaire ; des tentatives plus ou moins heureuses surgissent de toute part, et il est permis de penser que l'usage de la photographie ne tardera pas à se

généraliser et à remplacer d'une manière presque exclusive le dessin ou la gravure dans tous les travaux sérieux.

Le but que l'on se propose d'atteindre en reproduisant par la photographie les objets microscopiques consiste à obtenir un dessin de ces objets dans des dimensions suffisantes pour que les détails que l'on étudie deviennent visibles à l'œil nu. Si les perfectionnements récents apportés à la construction des microscopes permettent aujourd'hui de résoudre le problème d'une manière assez satisfaisante, on n'en rencontre pas moins encore dans la pratique des difficultés sérieuses, liées à l'imperfection relative des instruments; mais il n'est pas douteux que ces imperfections ne disparaissent bientôt devant les efforts réunis des micrographes et de nos habiles constructeurs.

La question est cependant assez avancée aujourd'hui pour qu'il nous ait paru utile de réunir dans ce volume la description des méthodes les plus convenables et les plus simples qui se prêtent le mieux aux expériences de cette nature.

Il serait superflu d'insister plus longuement ici

sur les services que peut rendre la photographie comme simple méthode iconographique ; mais il est une application trop négligée jusqu'à ce jour, et qui, à notre avis, est destinée à acquérir une très-grande importance, nous voulons parler de la production des images stéréoscopiques. Tous les micrographes savent combien il est souvent difficile de se rendre compte de la véritable forme des objets microscopiques ; une foule de causes se réunissent pour produire de graves illusions qui, dans quelques cas seulement, peuvent être rectifiées par l'usage d'appareils spéciaux. Les microscopes binoculaires ont rendu sous ce rapport un grand service, mais leur emploi ne saurait s'appliquer à vaincre toutes les difficultés qui se présentent. La photographie, au contraire, peut, à l'aide de moyens bien plus simples, dépasser de beaucoup les limites qu'impose à ces études l'usage des microscopes binoculaires les mieux conçus, et sous ce rapport elle mérite d'une manière toute spéciale l'attention des micrographes. On verra d'ailleurs qu'avec les méthodes que nous proposons, un microscope, quel qu'il soit, suffit pour résoudre le problème : cette simplification était importante à réaliser pour que la stéréoscopie pût devenir d'une application facile et générale.

Enfin, une des causes qui, dans le début surtout, ont apporté l'obstacle le plus sérieux à la vulgarisation du microscope, est sans contredit la difficulté qui se présentait pour les démonstrations publiques. L'emploi du microscope solaire, éclairé par de la lumière naturelle ou artificielle, ne s'applique en effet qu'à un nombre de cas bien limité, et aucun professeur n'ignore les sérieux embarras qui surgissent lorsqu'on doit porter le microscope sous les yeux d'un grand nombre d'élèves, en général inexpérimentés. La photographie peut encore ici rendre d'éminents services. Il suffit en effet d'amplifier à l'aide d'une simple lanterne magique une épreuve obtenue dans des conditions convenables, pour projeter sur un écran une image qui, par son exactitude, possède tous les caractères de l'objet lui-même et qu'un nombreux auditoire peut étudier sans difficulté. Cette méthode de démonstration nous paraît appelée à occuper un rang important dans les cours publics; nous l'avons déjà dans plus d'un cas employée avec succès.

Comme on le voit par ce court exposé, cette application de la photographie intéresse à plus d'un titre le savant; mais jusqu'à aujourd'hui elle est

trop rarement sortie des mains des photographes de profession, et ce n'est qu'en pénétrant d'une manière intime dans le laboratoire du micrographe que la photographie peut devenir un instrument d'une sérieuse utilité. L'intérêt qui s'attache à cette question nous préoccupe depuis un grand nombre d'années. Simplifier les appareils de manière à en rendre l'usage simple et pratique, réduire à un petit nombre d'opérations faciles à exécuter les manipulations photographiques indispensables : tel est le but que nous nous sommes proposé. Les appareils que nous allons décrire, déjà adoptés par plusieurs micrographes, ont produit dans leurs mains des résultats qui laissent peu à désirer, et il est permis d'espérer que les perfectionnements qu'ils demandent encore ne tarderont pas à se réaliser dès qu'on aura compris l'importance de ce précieux moyen d'étude.

PREMIÈRE PARTIE

DES APPAREILS ET DE LEUR DISPOSITION

CHAPITRE PREMIER.

DU MICROSCOPE.

La question qui doit préoccuper avant tout lorsqu'il s'agit de reproduire par la photographie les objets microscopiques doit être évidemment le choix d'un instrument capable de donner aux images la netteté et la perfection qu'exigent ces êtres infiniment petits pour apparaître avec leurs détails si délicats. Le premier appareil qui ait été affecté à ce genre de recherches est le microscope solaire, dont la construction semblait spécialement destinée à cet usage. Mais si, entre les mains d'opérateurs habiles, cet appareil a permis d'obtenir des reproductions assez satisfaisantes de préparations convenablement choisies, son insuffisance n'a pas tardé à se manifester lorsqu'on a voulu l'appliquer à des recherches

sérieuses qui exigeaient des ressources bien autrement étendues; aussi le microscope solaire n'a-t-il pas tardé à être complétement abandonné, et, à moins d'une installation tout à fait spéciale qui le mette en harmonie avec les exigences de la micrographie, il restera encore un instrument plus curieux pour les gens du monde qu'utile pour les travaux scientifiques. Reproduire par les procédés photographiques un objet, quelle qu'en soit la nature et dans les conditions qui se prêtent le mieux à son observation, tel est le problème compliqué dont la solution est subordonnée à un ensemble de circonstances parmi lesquelles l'instrument joue un rôle d'une grande importance.

1° Du microscope ordinaire.

L'appareil le plus convenable est le microscope composé, tel qu'il sert aux recherches ordinaires du micrographe, et qui, avec quelques modifications accessoires, pourra être facilement adapté aux exigences de la photographie. Tout microscope est formé de deux éléments bien distincts, un système optique destiné à la production de l'image, et un mécanisme dont le but est d'établir avec précision

les rapports variables qui doivent exister entre les diverses portions de l'instrument. Bien que la partie optique soit de beaucoup la plus essentielle, la seconde n'en a pas moins une grande importance, et il est utile d'indiquer ici les conditions qu'elles devront réaliser l'une et l'autre pour se prêter avec avantage aux reproductions photographiques.

La partie optique d'un microscope composé consiste en deux systèmes de lentilles : l'un, placé près de l'objet, a reçu le nom d'objectif; l'autre, rapproché de l'œil de l'observateur, constitue l'oculaire. Le premier forme, dans le corps du microscope, une image réelle et grandie de l'objet; l'oculaire amplifie à son tour cette image en agissant comme une simple loupe.

Dans les applications à la photographie, l'oculaire devra *toujours* être supprimé; car, s'il permet d'augmenter le grossissement du microscope, ce n'est qu'aux dépens d'une perte de netteté si considérable, qu'il n'est jamais avantageux d'y avoir recours. Tout se trouve ainsi réduit à l'emploi d'un simple objectif, et l'appareil ne diffère essentiellement de ceux qui servent aux usages ordinaires de la photographie qu'en ce que l'objet, toujours placé très-près du foyer de la lentille, donne une image amplifiée

dont la dimension varie avec la distance de l'écran qui la reçoit.

Objectifs. — La perfection de l'image sera donc intimement liée à celle des objectifs destinés à la produire, et l'on ne saurait être trop difficile dans leur choix (1). La condition la plus essentielle à laquelle doit satisfaire un objectif consiste dans une correction aussi complète que possible de l'aberration de sphéricité ; sans cette condition, il serait impossible de mettre simultanément au foyer les divers points d'un objet d'une surface un peu étendue, et l'on se trouverait obligé de restreindre d'une manière plus ou moins considérable le champ de l'épreuve. Les inconvénients qui proviennent de l'aberration chromatique n'ont dans les applications à la photographie qu'une importance secondaire, car on verra plus loin qu'on est toujours forcé d'avoir recours à des corrections spéciales dans le but d'éli-

(1) On fait un fréquent usage, pour les études d'histoire naturelle, d'un instrument connu sous le nom de microscope simple, et qui consiste essentiellement en une série de loupes montées sur un support qui permet d'examiner l'objet avec facilité. Les lentilles qui constituent un microscope simple peuvent à la rigueur être utilisées comme objectifs amplifiants dans les opérations photographiques ; mais les résultats qu'elles fournissent sont toujours au-dessous de ceux que donnent les objectifs des microscopes composés.

miner les différences qui existent entre les foyers visuels et les foyers chimiques, de sorte qu'à la rigueur, une lentille non achromatique pourrait encore produire des résultats satisfaisants. Il est à regretter que l'on ne construise pas des objectifs spéciaux achromatisés pour les rayons chimiques; leur usage apporterait des simplifications fondamentales dans les expériences de cette nature.

Une autre propriété importante des objectifs de microscope est ce que l'on nomme leur *pouvoir pénétrant*. Un système de lentilles peut donner en effet une image à contours parfaitement définis, mais être incapable d'indiquer les détails très-délicats situés à sa surface ou dans son intérieur. Cette qualité, liée à l'angle d'ouverture de l'objectif relativement à sa distance focale, a pendant longtemps exercé la sagacité des opticiens, et se trouve aujourd'hui réalisée d'une manière très-satisfaisante par beaucoup de constructeurs ; mais, à côté de ses avantages, elle possède un inconvénient quelquefois nuisible pour les reproductions photographiques, celui de séparer trop nettement les divers plans d'un objet, de sorte qu'on ne peut en voir qu'une section à la fois. Cependant comme cette propriété n'est à rechercher que dans les lentilles d'un pouvoir amplifiant considé-

rable qui ne s'appliquent qu'à l'observation de corps extrêmement petits, ce défaut disparaît devant la précieuse qualité de la pénétration.

Quoiqu'il soit possible d'augmenter à volonté la dimension d'une image en faisant varier la distance de l'objectif à l'écran, il ne faudrait pas croire que l'on puisse, par ce moyen, reproduire d'une manière satisfaisante des objets extrêmement petits, et obtenir par cet artifice leurs détails les plus délicats. Ce mode d'amplification est en effet loin de suppléer à la puissance des lentilles, et cela tient précisément à ce que leur diamètre ne croît pas dans le rapport de leur longueur focale; aussi est-il nécessaire d'avoir à sa disposition une série d'objectifs susceptibles de donner des grossissements variables et que l'on emploiera selon les exigences de chaque cas particulier.

Lorsqu'on est obligé d'avoir recours à des lentilles d'un foyer extrêmement court, il se présente généralement plusieurs inconvénients intimement liés à leur construction; on voit en effet la netteté diminuer d'une manière notable, l'intensité lumineuse de l'image s'affaiblir de plus en plus à mesure que le grossissement augmente. Un grand perfectionnement à cet égard a été introduit dans

ces dernières années par la construction des lentilles *à immersion :* dans de pareils objectifs la surface extérieure du premier verre plonge dans une goutte d'eau déposée sur la lamelle qui recouvre l'objet; cette modification, qui réalise à tous les points de vue des avantages considérables, est d'une très-grande importance dans les applications photographiques où la lumière joue un rôle du premier ordre.

Enfin, un autre perfectionnement d'une très-grande valeur consiste pour la modification connue sous le nom de système de *correction* ou de *compensation*. Une des conditions les plus difficiles à obtenir dans les objectifs, est l'absence aussi complète que possible d'aberration de sphéricité. Pour éviter cette imperfection, on construit les objectifs de microscope en combinant ensemble plusieurs lentilles de courbure convenable et placées à des distances déterminées l'une de l'autre. Mais, comme dans le plus grand nombre des cas la préparation que l'on étudie est recouverte d'une lamelle de verre, celle-ci agit d'une manière variable, selon son épaisseur, sur la marche des rayons lumineux, et il en résulte qu'un système de lentilles sans aberration sensible pour une épaisseur de

lame déterminée donnera des résultats défectueux si celle-ci augmente ou diminue. Cet inconvénient, peu appréciable pour les objectifs à long foyer, devient extrêmement sensible dans ceux qui ont un pouvoir amplifiant considérable, et exigerait pour chacun d'eux l'emploi de couvre-objets d'une épaisseur constamment identique. On peut y remédier d'une autre manière beaucoup plus simple, en rendant mobile dans l'objectif une ou plusieurs des lentilles qui le composent; cela permet d'augmenter ou de diminuer leur aberration sphérique, et de compenser ainsi l'influence due à l'épaisseur de la lame de verre qui recouvre l'objet. La disposition particulière qui remplit ces exigences, désignée sous le nom de correction, est représentée par la figure 1. Une virole extérieure, mobile, entraîne



Fig. 1. — Objectif à correction.

dans son mouvement de rotation les lentilles postérieures du système; deux traits de repère, in-

diqués sur le tube de l'objectif par les lettres C et D, marquent les positions qui conviennent le mieux, selon que l'objet est *couvert* d'une lamelle de verre ou qu'il doit être examiné à *découvert*. Les positions intermédiaires correspondent à des couvre-objets de moindre épaisseur que ceux qui peuvent être employés pour la position extrême de l'appareil de correction. Sans utilité pour les objectifs faibles, ce système est presque indispensable pour ceux qui sont destinés à la reproduction des objets très-délicats, dont les détails ne deviennent souvent visibles que par une compensation exacte de l'épaisseur du couvre-objet.

Pour apprécier d'une manière rigoureuse les diverses qualités des objectifs de microscope, on a recours à l'examen de certains *test-objets* qui ne sont autre chose que des préparations de corps d'une texture extrêmement délicate et présentant des détails très-difficiles à apercevoir. Ceux qui sont le plus fréquemment employés sont les écailles de papillons, et surtout les navicules, dont la surface est recouverte d'un très-grand nombre de stries fines et rapprochées, qui exigent des instruments très-parfaits pour être distinguées avec netteté. Le *Pleurosigma angulatum* constitue un excellent test-objet

pour les objectifs puissants; la surface de cette navicule présente trois systèmes de stries qui se croisent sous un angle de 60 degrés et distantes les unes des autres de 5 dix-millièmes de millimètre. Le *Grammatophora marina* et surtout le *Grammatophora subtilissima* possèdent des détails encore beaucoup plus difficiles à résoudre. Enfin, on peut avec beaucoup d'avantage recourir à une sorte de test-objet artificiel, le micromètre de Nobert, qui consiste, comme on le verra plus loin, en plusieurs systèmes de lignes inégalement espacées. Un instrument sera évidemment d'autant plus parfait, qu'il permettra d'observer avec netteté les lignes d'un groupe d'ordre plus élevé. Les meilleurs microscopes résolvent, dans la lumière oblique, les lignes du vingt-quatrième groupe, distantes d'environ $\frac{1}{3000}$ de millimètre; mais il est complétement inutile qu'un instrument réalise une aussi grande perfection pour se prêter aux recherches qui intéressent le plus souvent le micrographe, et il est généralement préférable d'éprouver un microscope par l'examen de test-objets analogues par leur nature aux substances qui doivent faire le sujet des recherches plus spéciales qu'on se propose de poursuivre. C'est ainsi que dans les études

d'histologie, les fibres musculaires striées des animaux vertébrés se voient quelquefois avec peine à l'aide d'objectifs qui montrent très-nettement les stries des navicules, etc. En un mot, bien qu'un bon instrument puisse se prêter avec succès à des recherches d'une nature quelconque, il sera quelquefois préférable de sacrifier, selon les cas, un avantage à un autre.

Enfin, on ne saurait trop insister sur les soins minutieux que l'on doit apporter à l'entretien des objectifs. Ces instruments seront préservés avec la plus grande attention des poussières extérieures, afin qu'il soit rarement nécessaire de les essuyer. Ils sont ordinairement, en effet, fabriqués avec des verres très-tendres qui se laissent facilement rayer, et l'on devra seulement avoir recours à l'emploi d'un blaireau très-propre pour nettoyer leur surface. Les lentilles à immersion ne seront jamais essuyées après avoir servi; en faisant usage d'eau distillée, il suffira de souffler fortement sur le verre pour chasser la goutte d'eau qui y adhère. Il est également important de ne pas dévisser sans utilité les verres qui entrent dans la constitution d'un objectif (1). On s'expose ainsi à décentrer le sys-

(1) Dans beaucoup de microscopes, on obtient des grossisse-

tème et à perdre un des avantages les plus difficiles et les plus importants à obtenir. Un bon objectif est chose si précieuse, qu'on ne saurait mettre trop de soins à sa conservation.

Mécanisme du microscope. — La partie mécanique des microscopes offre des modifications nombreuses, selon les constructeurs ou d'après les usages spéciaux auxquels un instrument est destiné. Bien qu'elle n'ait qu'une importance relative, elle doit néanmoins remplir certaines conditions qui, sans être toutes indispensables, peuvent cependant rendre des services en facilitant, dans telle ou telle circonstance, la manœuvre de l'instrument. Les deux points principaux que ce mécanisme est appelé à remplir sont : d'une part, la mise au point rigoureuse de l'image, et, d'autre part, un éclairage convenable de l'objet. Ces conditions se trouvent réalisées de manières diverses, selon les modèles de microscopes; ceux qui sortent des ateliers de

ments variables à l'aide d'un seul objectif généralement composé de trois verres, dont on supprime un ou deux, selon les cas. Ce moyen, qui n'est acceptable que lorsqu'il s'agit de faibles grossissements, ne saurait être appliqué aux objectifs de précision, qui ne sont parfaits que par la combinaison des lentilles qui les constituent.

M. Nachet sont à cet égard d'une perfection remarquable.

Dans les appareils les moins compliqués, la mise au point s'effectue au moyen d'une simple crémaillère qui permet par son mouvement d'abaisser ou de soulever le tube qui supporte les objectifs. Ce système peut suffire à la rigueur lorsqu'on fait usage de faibles grossissements, mais il devient complétement insuffisant pour les objectifs un peu puissants. Le microscope devra alors être muni d'une vis à pas très-fin destinée à faire mouvoir tout le corps de l'instrument en lui imprimant un mouvement très-lent et très-régulier. Ce système, indispensable pour obtenir une mise au foyer rigoureusement exacte pour les grossissements considérables, n'exclut pas cependant l'emploi d'un mouvement rapide pour placer l'objectif dans une position voisine de celle qu'il doit définitivement occuper; on devra préférer à cet égard la disposition qui consiste dans l'emploi de deux tubes entrant à frottement dur l'un dans l'autre, à l'usage d'une crémaillère, qui possède quelques inconvénients. Le premier système permet en effet d'enlever sans difficulté le corps du microscope, ce qui présente de grands avantages lorsqu'il s'agit de changer l'objectif. La

disposition indiquée par la figure 2 réalise d'une manière très-commode les conditions les plus favo-



FIG. 2. — Microscope droit grand modèle.

rables à une mise au point rigoureuse. Enfin, dans quelques microscopes anciens, le corps de l'instru-

ment est fixe et la mise au point s'effectue par un mouvement ascensionnel de la platine. Cette disposition est complétement incompatible avec les exigences de la photographie, car elle change à tout instant les rapports de l'objet avec la lumière qui le traverse, et ce n'est que dans le cas tout particulier de la reproduction des corps opaques que l'on pourra y avoir recours avec quelques avantages.

Il est souvent nécessaire de pouvoir augmenter ou diminuer à volonté la longueur du tube de l'instrument. Cette condition est ordinairement réalisée de diverses manières dans la plupart des microscopes. Dans certains cas, le corps se dévisse en son milieu, de sorte qu'il peut être réduit de moitié environ par la suppression de la portion qui supporte les oculaires; d'autres fois il est composé de deux tubes entrant l'un dans l'autre à frottement, ce qui permet d'en faire varier graduellement la longueur. Chacune de ces dispositions présente des avantages et des inconvénients selon le but qu'on se propose d'atteindre. On verra plus loin quels sont les cas où l'on devra préférer tel ou tel système.

Dans presque tous les microscopes, la platine sur laquelle se placent les objets peut être animée d'un mouvement de rotation qui entraîne avec lui tout le

corps de l'appareil. Ce mouvement est extrêmement commode dans bien des cas, en permettant d'éclairer successivement l'objet de diverses manières, sans changer sa position : il rend aussi de grands services lorsqu'on fait usage de la lumière polarisée. Cette disposition est loin toutefois d'être indispensable, et, dans les microscopes qui ne la possèdent pas, on pourra toujours, à l'aide de quelques manœuvres moins commodes et moins sûres, il est vrai, mais dans tous les cas peu compliquées, arriver à des résultats identiques avec ceux que peut produire la platine rotative.

La plupart des constructeurs de microscope adoptent aujourd'hui une disposition particulière dont le but est de donner à l'instrument tous les degrés d'inclinaison compris entre les positions verticale et horizontale. Cette modification, représentée par la figure 3, peut souvent offrir de très-grands avantages; elle est surtout extrêmement utile dans les cas où l'objet est éclairé par une source de lumière artificielle, car elle permet, comme on le verra plus loin, de supprimer tous les miroirs réflecteurs, et d'augmenter ainsi d'une manière très-notable l'intensité lumineuse de l'image.

Les moyens employés pour éclairer l'objet pré-

sentent des modifications très-variables par leur complication, selon les constructeurs et les divers



Fig. 3. — Microscope inclinant de M. Nachet.

modèles de microscopes. Le système le plus simple consiste dans l'emploi d'un miroir placé au-dessous

de l'objet et destiné à diriger dans l'axe de l'instrument la lumière qu'il réfléchit. Cette disposition peu compliquée est dans bien des cas suffisante, mais il est cependant beaucoup plus avantageux d'avoir recours aux appareils d'éclairage qui se trouvent dans les instruments plus parfaits, et qui présentent des ressources bien autrement étendues. C'est ainsi qu'un miroir dont la monture possède plusieurs articulations, comme on le voit dans les figures 2 et 3, permet d'éclairer obliquement l'objet, en faisant varier à volonté l'incidence de la lumière; dans certains microscopes, l'axe horizontal du miroir peut s'élever ou s'abaisser, ce qui facilite beaucoup l'installation des appareils au point de vue de la photographie.

Dans la plupart des anciens modèles, tout l'appareil d'éclairage est contenu dans un tambour de cuivre, et le miroir ne possède qu'un seul mouvement autour d'un axe horizontal. Dans les modèles plus récents, le dessous de la platine est entièrement à découvert, et le miroir peut prendre toutes les inclinaisons. Bien que ces deux dispositions puissent se prêter l'une et l'autre aux exigences de la photographie, la seconde est cependant de beaucoup préférable, car elle se prête à éclairer plus

facilement l'objet, quelle que soit l'orientation du microscope relativement à l'incidence de la lumière.

De toutes les modifications de l'appareil éclaireur, la plus importante est, sans contredit, celle qui permet de placer entre l'objet et le miroir divers systèmes d'éclairage, tels que le condensateur de Dujardin, un prisme polariseur, etc.; elle est même, dans bien des cas, complétement indispensable. On devra toujours préférer les microscopes pourvus, au-dessous de la platine, du mouvement à bascule, au moyen duquel on peut faire varier facilement la position des pièces destinées à l'éclairage, et modifier ainsi l'intensité ou la nature de la lumière, sans toucher aux autres parties de l'instrument.

Il est également fort utile de pouvoir placer entre l'objet et le miroir des diaphragmes de divers diamètres, soit pour modérer la quantité de lumière, soit pour produire certains effets spéciaux dont il sera question plus loin. Dans la plupart des microscopes, ces diaphragmes s'adaptent sur l'anneau même qui reçoit les divers systèmes d'éclairage, ce qui exclut l'emploi simultané des deux moyens; d'autres fois un disque mobile au-dessous de cet anneau (fig. 3) peut présenter successivement dans l'axe

de l'appareil les ouvertures de grandeur variable dont il est percé. Cette disposition est la seule convenable pour les expériences photographiques ; car elle permet de faire varier, rapidement et sans rien déranger, le diamètre des diaphragmes, et de choisir ainsi facilement celui qui convient le mieux à chaque cas particulier.

L'appareil éclaireur, tel qu'il existe dans les microscopes d'observation, ne saurait toutefois suffire à la production d'images photographiques ; il doit subir quelques modifications indispensables qui seront décrites plus loin avec tous les détails nécessaires.

Enfin, pour la reproduction de certains objets à de très-faibles grossissements, il est souvent beaucoup plus commode de rendre l'objectif immobile, et de mettre l'image au foyer en faisant varier la position de l'objet ; c'est ce qui arrive, par exemple, pour la photographie des corps opaques, où il est très-avantageux de rendre complétement libre l'espace compris entre l'objectif et la préparation. Dans ce cas, on se servira avec utilité de la monture d'un microscope simple, qui permet ordinairement de réaliser ces conditions; il est même beaucoup moins nécessaire d'avoir recours à l'emploi de la vis micro-

métrique pour la mise au point; car cette disposition ne s'appliquant qu'à des objets d'un volume relativement considérable, on obtient toujours une précision suffisante, bien qu'on ait recours à des moyens plus imparfaits.

2° Microscopes binoculaires.

Parmi les illusions qui peuvent naître de l'observation des objets microscopiques, il en est une qui embarrasse bien souvent les micrographes, et qui ne saurait être rectifiée par l'emploi des moyens ordinaires. Lorsqu'on étudie des objets d'une très-petite dimension, il est toujours difficile, et le plus souvent même impossible de reconnaître si ce que l'on voit est un creux ou un relief, si tel détail très-délicat se trouve placé sur telle ou telle surface de l'objet que l'on considère. La sensation exacte du relief ne peut en effet se produire, puisque l'on regarde avec un seul œil, et en outre la forme la plus ordinairement inconnue de l'objet ne donne à l'observateur aucun terme de comparaison qui puisse l'aider à se rendre compte des rapports qui existent entre la position des divers points qu'il examine. Cette incertitude se retrouve encore, on le conçoit, dans les images photographiques, qui ne sont que

la reproduction fidèle de ce qu'on voit dans le microscope.

M. Nachet a rendu, il y a quelques années, un véritable service à la science en la dotant d'un instrument qui peut, dans certains cas, faire disparaître ces inconvénients. Son microscope binoculaire, en permettant l'emploi simultané des deux yeux, se prête en effet à la vision stéréoscopique des objets, et montre avec la plus grande précision le relief des corps que l'on étudie.

Avant d'indiquer sur quel principe repose la construction des microscopes binoculaires, il est utile de rappeler sommairement ici les conditions d'ordre physique nécessaires dans l'acte de la vision binoculaire stéréoscopique (1). Quand les deux yeux regardent simultanément un objet, ces organes ne perçoivent pas, comme on pourrait le croire au premier abord, des sensations exactement identiques. Les deux images qui viennent se peindre sur chaque rétine présentent toujours entre elles des différences plus ou moins grandes, selon que l'objet

(1) Pour l'étude de tous les phénomènes relatifs à la vision binoculaire, consulter l'ouvrage de M. Giraud-Teulon (*Physiologie et pathologie fonctionnelle de la vision binoculaire*, Paris, 1861).

que l'on considère est plus ou moins éloigné de l'observateur. On peut facilement se rendre compte de ce phénomène en examinant alternativement avec chacun des deux yeux un corps prismatique placé verticalement à une petite distance. L'œil droit embrassera une plus grande portion de la face qui lui correspond, tandis qu'un effet opposé se manifestera pour l'œil gauche. Mais ouvre-t-on simultanément les deux yeux, le fusionnement des images s'opère à l'instant, sans qu'il soit possible d'apprécier, dans l'effet qui en résulte, ce qui se produit isolément dans chaque organe. Les deux rétines reçoivent donc de la part de l'objet des impressions dissemblables, et c'est, comme l'a établi M. Wheatstone, à la sensation simultanée fournie par ces deux images confondues dans l'acte de la vision, qu'il faut attribuer la perception du relief.

On voit, d'après ce court exposé, le rôle important que joue l'action concordante de deux yeux dans la vision stéréoscopique, et l'on comprend les difficultés nombreuses qui devaient surgir lorsqu'on a cherché à appliquer ce principe à l'observation des objets microscopiques. La manière la plus simple en apparence de réaliser les conditions du problème consistait évidemment dans l'emploi de deux mi-

croscopes identiquès, dirigés vers la préparation sous un angle égal à celui des yeux. Chacun d'eux, voyant ainsi l'objet sous une perspective différente, produirait des images dissemblables et dans des conditions convenables à l'effet stéréoscopique. Mais on comprend combien un semblable instrument serait restreint dans son usage, puisqu'il ne serait applicable qu'à des objectifs d'une grande distance focale, susceptibles de fournir seulement une faible amplification. Aussi, les premières tentatives faites dans cette direction par Riddel en Amérique, Wenham en Angleterre, sont-elles demeurées sans résultats pratiques, jusqu'à ce que M. Nachet soit parvenu, par un artifice aussi simple qu'élégant, à reculer les limites qui semblaient imposées aux observations de cette nature.

Plusieurs dispositions ont été imaginées pour atteindre cet important résultat, et la plupart peuvent s'adapter d'une manière plus ou moins commode aux exigences de la photographie. Il est cependant possible de produire des épreuves stéréoscopiques par des moyens beaucoup plus simples et sans recourir à l'emploi des microscopes binoculaires; la description de ces méthodes nouvelles trouvera plus loin sa place; mais il n'est pas sans utilité de décrire

ici en quelques mots ces appareils spéciaux, et de signaler les conditions qui doivent être réalisées pour leur application à la photographie.

Microscope stéréoscopique. — Dans ses premiers appareils, M. Nachet a eu recours à la disposition suivante pour réaliser les conditions nécessaires à la vision binoculaire. Les rayons émanés de l'objectif O (fig. 4) tombent sur la face horizontale d'un

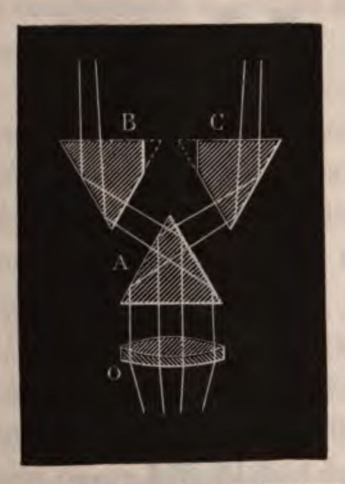


FIG. 4. — Disposition des prismes dans le microscope stéréoscopique.

prisme triangulaire A, et se divisent en deux portions qui se réfléchissent totalement sur chacune des deux autres faces. Les deux faisceaux réfléchis pé-

nètrent ensuite isolément dans deux autres prismes B, C, semblables au premier, mais présentant en haut leur face horizontale. Une seconde réflexion totale la dirige alors dans deux tubes parallèles munis d'oculaires qui constituent le double corps du microscope. Chaque œil reçoit ainsi une image vue par l'objectif dans des directions différentes, d'où résulte la sensation du relief par l'impression simultanée qu'elles produisent.



FIG. 5. — Microscope binoculaire stéréoscopique.

La figure 5 représente le microscope binoculaire

construit d'après ce principe. Les trois prismes sont cachés dans une boîte de cuivre au dessous de laquelle se vissent les objectifs, et qui supporte supérieurement les deux corps parallèles du microscope. Une vis latérale sert à les écarter plus ou moins, selon la distance des deux yeux, variable chez les divers observateurs. Cette disposition présente, sur celle qui sera décrite plus loin, l'avantage d'une symétrie parfaite, qui donne aux deux images des dimensions complétement identiques et une égale intensité à la lumière qui les éclaire.

Microscope pseudo-stéréoscopique. — L'appareil qui vient d'être décrit peut se prêter avec assez de succès à la formation des épreuves photographiques, mais son emploi est toutefois entouré de certaines difficultés pratiques qui en rendent l'usage peu commode. Une modification récente apportée par M. Nachet à la construction du microscope binoculaire s'accommode avec plus de facilité aux expériences de cette nature, en permettant de n'employer qu'un des tubes de l'instrument pour la production des deux images. La figure 6 indique la disposition des prismes qui constituent cet appareil.

Au-dessus de l'objectif O, se trouve un petit

prisme A (n° 1) dont une face inclinée réfléchit totalement, dans la direction AB, tous les rayons éma-

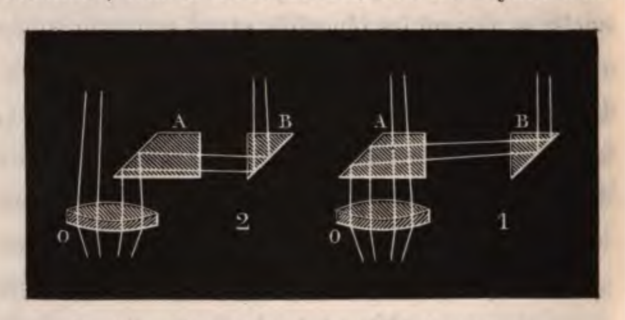


Fig. 6. — Disposition des prismes dans le microscope pseudo-stéréoscopique.

nés de la partie gauche de la lentille. Ces rayons éprouvent une seconde réflexion totale sur la face d'un deuxième prisme B, et sont ensuite transmis dans le tube du microscope correspondant à l'œil droit. Quant aux rayons provenant de la moitié droite de l'objectif, ils continuent leur marche sans éprouver de déviation dans la portion du prisme à faces parallèles et arrivent directement dans l'œil gauche. Les deux yeux perçoivent donc des images vues par l'objectif dans des directions différentes, ce qui produit la sensation du relief.

De plus, le prisme A peut, au moyen d'un bouton, glisser dans une direction horizontale, et prendre alors la position indiquée dans la fig. 6 (n° 2).

Dans ce cas, ce sont les rayons émanés de la partie droite qui sont transmis directement à l'œil droit, tandis que les seconds arrivent à l'œil gauche après avoir subi deux réflexions totales. Il y a donc interversion complète dans le rapport des images perçues par chacun des deux yeux, et l'effet stéréoscopique se trouve changé en effet *pseudoscopique*, c'est-à-dire qu'à la sensation du relief succède une sensation de *creux* des plus évidentes.

L'appareil qui réalise ces conditions est représenté fig. 7. Tout le système est renfermé dans une boîte prismatique de cuivre, et un bouton qui sort à l'extérieur permet d'imprimer au prisme mobile le changement de position qui vient d'être indiqué. Comme on le voit par cette courte description, chacun des tubes peut recevoir à volonté, et successivement, par le simple mouvement du petit prisme, chacune des images correspondant, soit à l'œil droit, soit à l'œil gauche. On obtiendra donc ainsi avec facilité, par l'emploi exclusif de l'un des tubes, deux images photographiques remplissant les conditions nécessaires à la vision stéréoscopique, et la disposition des appareils pourra recevoir d'importantes simplifications.

Les microscopes binoculaires ont encore été l'objet

de plusieurs dispositions différentes, égaler
applicables aux opérations photographiques ; 1



FIG. 7. — Microscope binoculaire pseudo-stéréoscopique.

les deux modèles qui viennent d'être décrits son
plus usités en France, et l'on verra d'ailleurs
ces instruments, toujours compliqués, peuvent

remplacés par des appareils d'une très-grande simplicité, qui permettent d'obtenir avec les microscopes ordinaires de très-belles reproductions stéréoscopiques.

CHAPITRE II.

ÉCLAIRAGE DES OBJETS MICROSCOPIQUES.

L'éclairage des objets microscopiques est sans contredit le point le plus important et le plus délicat à réaliser pour leur reproduction par la photographie. Les difficultés qui se présentent dans l'emploi du microscope, comme simple instrument d'observation, se trouvent de beaucoup augmentées dans les applications photographiques, par la nécessité de condenser sur l'objet à reproduire une quantité de lumière suffisante pour impressionner dans un temps déterminé une plaque sensible; de là des phénomènes secondaires, tels que franges de diffraction, anneaux colorés, etc., qui viennent compliquer le problème de causes d'insuccès qu'il est indispensable d'éliminer avec le plus grand soin. De plus, chaque objet exige un mode d'éclairage approprié à

sa nature, ce qui ne permet pas d'établir des principes généraux applicables à tous les cas. Telle préparation microscopique, par exemple, ne montrera avec netteté les détails que l'on veut reproduire que si elle est traversée par de la lumière convergente; telle autre exigera des rayons parallèles ou divergents ; d'autres enfin ne s'accommoderont que d'un éclairage oblique. Déterminer à priori les conditions les plus favorables aux divers cas qui peuvent se présenter est donc une chose complétement impossible, et l'expérience seule sera un guide certain à cet égard. On devra, dans tous les cas, avoir à sa disposition une série de moyens permettant de remplir les conditions variables selon les objets; c'est à la description des appareils les plus simples et les plus commodes pour les réaliser, que seront consacrés les chapitres suivants.

Parmi les sources de lumière qui se prêtent à obtenir des reproductions photographiques, celle qui doit surtout être préférée est, on le comprend, la lumière solaire directe; son intensité et son activité chimique, le parallélisme de ses rayons, rendent son emploi plus avantageux que tous les autres modes d'éclairage. Dans quelques cas parti-

culiers cependant, on peut avoir recours à la lumière diffuse, telle que celle qui est réfléchie par les nuages ou tout autre corps vivement éclairé; il est à regretter que sa faible intensité impose à son usage des limites assez étroites qu'on ne saurait franchir sans difficulté avec les ressources actuelles de la photographie. Enfin, on a proposé encore de recourir à des lumières artificielles, telles que la lumière électrique, la lumière de Drummond, la flamme du magnésium, etc. Ces moyens offrent certainement quelques avantages, à défaut de tout autre; mais il faut le dire, s'ils présentent aujourd'hui un véritable intérêt scientifique, ils ne sauraient encore offrir une utilité pratique que dans quelques circonstances tout à fait exceptionnelles.

1° Éclairage par la lumière diffuse.

La méthode la plus simple et la plus commode pour l'éclairage des objets consisterait, bien certainement, dans l'emploi de la lumière diffuse ; on éviterait ainsi la plupart des inconvénients qui sont inhérents à l'usage des rayons solaires, tout en s'affranchissant des appareils toujours compliqués que nécessite leur emploi. Malheureusement, ce n'est que dans les circonstances où l'on a recours à de

très-faibles grossissements que ce moyen sera de quelque utilité, et encore ne se prête-t-il qu'au cas où l'on aura adopté un des appareils à petites épreuves qui seront décrits plus loin ; il serait complétement insuffisant s'il s'agissait d'obtenir directement de grandes amplifications, car, dans ces conditions, l'image serait trop peu lumineuse pour être mise au point avec quelque certitude. On peut cependant, dans des circonstances favorables et en se tenant dans les limites que comporte ce mode d'éclairage, se servir avec avantage de la lumière diffuse, susceptible de donner quelquefois de meilleurs résultats que toute autre méthode. Voici quelles seront alors les conditions à réaliser :

Le point le plus important consiste à bien choisir la source de lumière dont on doit faire usage. La lumière bleue du ciel n'est pas aussi avantageuse qu'elle semblerait devoir l'être au premier abord, et ce n'est qu'en dirigeant le miroir du microscope vers un point rapproché de l'horizon, que l'on en tirera quelque profit ; dans ces conditions, son activité chimique est en effet beaucoup plus intense, et elle communique aux objets un éclairage bien mieux accentué que lorsqu'elle provient d'un point du ciel plus rapproché du zénith. Lorsque, par un

beau jour, le ciel présente de gros nuages blancs fortement éclairés, la lumière qu'ils réfléchissent se prête parfaitement aux exigences de la photographie. On ne peut malheureusement disposer à volonté d'une pareille source de lumière, qui a d'ailleurs l'inconvénient de varier d'intensité dans de grandes limites pendant un temps souvent assez court. Une méthode de beaucoup préférable consiste dans l'emploi de la lumière diffusée par une large surface blanche vivement éclairée par le soleil. Un grand écran de percale, placé à une distance convenable, remplit parfaitement le but, en donnant un éclairage très-vif doué d'une grande action chimique. On pourrait également faire usage d'un verre dépoli recevant directement les rayons solaires; la lumière ainsi obtenue est toutefois moins favorable que la précédente. Enfin, on se sert assez souvent, pour les observations microscopiques, de la lumière réfléchie par un mur bien éclairé. Il faut se méfier de ce moyen dans les opérations photographiques; le plus souvent, en effet, la lumière ainsi obtenue est d'une couleur jaune qui ne possède qu'une activité chimique très-faible et souvent presque nulle.

Quelle que soit la source lumineuse que l'on ait adoptée, il est indispensable de faire usage d'un

appareil concentrateur pour éclairer l'objet aussi vivement que possible. Les miroirs concaves qui servent le plus souvent aux observations microscopiques sont ici tout à fait insuffisants, et ce n'est que par l'emploi de l'éclairage de Dujardin que l'on arrivera à des résultats satisfaisants. Cet instrument consiste en un système de lentilles achromatiques à foyer très-court, qui s'ajuste au-dessous de la platine, dans le tube mobile qui supporte les diaphragmes. Les rayons parallèles réfléchis par le miroir plan du microscope viennent faire leur foyer sur l'objet lui-même, qui se trouve ainsi fortement éclairé. Il est avantageux, pour les opérations photographiques, que cet appareil soit construit dans des conditions spéciales, afin de concentrer sur l'objet une grande quantité de lumière ; c'est ainsi qu'il est utile de donner aux lentilles qui le composent un diamètre aussi grand que le comportera la disposition du microscope. Enfin, une série de diaphragmes de diverses grandeurs devront être placés près de la lentille inférieure, ce qui permettra d'employer toute la lumière utile, en éliminant seulement celle qui serait nuisible à la pureté de l'image.

L'emploi de l'appareil de Dujardin exige quelques

précautions spéciales sans lesquelles il ne fournirait que des résultats défectueux. Il est nécessaire que l'image donnée par la source lumineuse coïncide rigoureusement avec l'objet que l'on étudie. Une expérience préliminaire devra donc précéder chaque opération pour assurer la réalisation de cette condition indispensable. Si l'on fait usage, par exemple, de la lumière du ciel, on commencera par éclairer l'objet d'une manière quelconque, et on le mettra parfaitement au point par les moyens ordinaires. On dirige alors le miroir plan du microscope vers un objet très-éloigné, une maison par exemple, qui viendra faire une très-petite image au foyer du concentrateur ; on cherche ensuite la position que doit occuper celui-ci pour que cette image soit vue nettement à l'aide du microscope : on est alors certain qu'elle coïncide rigoureusement avec l'objet, et il suffit de tourner le miroir vers le ciel pour obtenir l'éclairage le plus convenable.

Si l'on adopte comme source de lumière un écran blanc ou un verre dépoli recevant directement les rayons solaires, les mêmes précautions doivent être observées. Dans ces cas, on place provisoirement au centre de l'écran un objet présentant quelques détails bien visibles, une feuille de papier imprimée

par exemple, et par une opération analogue on assurera la coïncidence de l'image de la source avec l'objet à reproduire. Il est important de remarquer ici que le concentrateur doit être de nouveau mis au point toutes les fois que l'on changera la préparation microscopique ; car l'épaisseur variable des lames de verre qui servent de porte-objet exerce une très-grande influence, soit en changeant la position de l'objet, soit en modifiant la longueur focale du système éclaireur.

La dimension de l'écran éclairé est loin d'être sans influence sur les résultats. On conçoit, en effet, que la petite image produite sur l'objet par le concentrateur devra toujours avoir une étendue suffisante pour couvrir tout le champ de l'objectif, sans cela une portion de la préparation serait seulement éclairée. On peut, il est vrai, remplir toujours cette condition, même avec un réflecteur d'une petite étendue, en le rapprochant plus ou moins du microscope, mais on perd alors beaucoup de lumière, ce qu'on doit éviter avant tout. Il sera donc avantageux de faire usage d'un écran aussi grand que possible, et de le placer à une distance telle du microscope, que son image soit entièrement utilisée pour l'éclairage de l'objet.

On voit, de plus, qu'avec un même réflecteur, l'instrument devra être d'autant plus rapproché, que l'on se servira d'un plus faible grossissement; on peut aussi, selon la puissance de l'objectif, employer des concentrateurs de divers foyers qui permettront souvent de remplir avec plus de facilité les conditions qu'exige ce mode d'éclairage.

Le vice principal inhérent à l'emploi de la lumière diffuse consiste, comme on vient de le voir, dans un défaut d'intensité ; dans les conditions d'éclairage les plus favorables et en faisant usage d'un réflecteur de $1^{m},50$ de côté, placé à une distance convenable, on obtient cependant encore des résultats satisfaisants avec l'objectif n° 3 de M. Nachet. Mais ce n'est qu'en ayant recours aux méthodes les plus rapides dont dispose la photographie, que l'on opérera avec quelque certitude ; l'emploi des procédés lents exigerait une pose beaucoup trop longue et ne serait applicable qu'à la reproduction des préparations qui ne peuvent subir aucune altération. Pour les études micrographiques journalières, il s'agit ordinairement de reproduire des préparations extemporanées qui sont souvent susceptibles de se dessécher au bout de peu de temps, et dans de pareilles conditions la rapidité

de l'impression constitue un des éléments principaux du succès.

2° Eclairage par la lumière solaire.

Des surfaces réfléchissantes. — Avant de parvenir sur l'objet qu'ils sont destinés à éclairer, les rayons solaires doivent toujours subir une ou plusieurs réflexions destinées à les diriger dans l'axe du microscope. Ces réflexions peuvent s'effectuer au moyen de prismes ou de miroirs; l'usage des miroirs est toutefois beaucoup plus général, à cause de la facilité que l'on a de se les procurer lorsqu'on doit employer un large faisceau de lumière. Il s'agit avant tout d'avoir à sa disposition un rayon solaire qui puisse à volonté être amené dans une direction quelconque et susceptible de rester constante pendant toute la durée de l'expérience. L'appareil le plus simple destiné à remplir ces conditions est celui qui est connu sous le nom de porte-lumière, et qui est usité pour l'éclairage du microscope solaire. Il consiste en un miroir plan capable de prendre toutes les positions autour de deux axes perpendiculaires l'un à l'autre. Deux boutons adaptés à la platine qui lui sert de support servent à effectuer tous les mouvements. Cet instrument peut être fixé sur un

contrevent à une hauteur convenable; il est souvent préférable de le monter sur un pied mobile, qui permet de le placer à un endroit quelconque et d'en régler plus aisément la hauteur.

Le porte-lumière, tout en se recommandant par sa simplicité, présente quelques inconvénients qui apportent des complications notables dans les opérations photographiques. Il est en effet nécessaire, afin de maintenir constante la direction des rayons réfléchis, de déplacer continuellement le miroir pour suivre le mouvement apparent du soleil, et, dans les cas où l'expérience doit avoir une certaine durée, ce n'est qu'avec une assez grande habitude que l'on parvient à exécuter facilement cette manœuvre; aussi est-il de beaucoup préférable de substituer au porte-lumière un *héliostat*, instrument dans lequel un mécanisme spécial permet aux rayons solaires de se réfléchir dans une direction invariable, de sorte que le miroir peut être orienté au commencement de la journée, sans que l'opérateur ait ensuite à se préoccuper des mouvements du soleil. Malheureusement, l'héliostat est un appareil toujours dispendieux, qui se trouve seulement entre les mains d'un bien petit nombre de photographes, et, malgré ses avantages incontestables, c'est le plus souvent au

porte-lumière que l'on aura recours. La plupart des opérations photographiques n'exigent, d'ailleurs, qu'un temps assez court pour que la marche du rayon réfléchi n'influe pas d'une manière appréciable sur les résultats, et les inconvénients de l'instrument se manifestent plutôt par la surveillance continue qu'il exige que par les imperfections qui peuvent en résulter.

Que l'on fasse usage d'un héliostat ou d'un porte-lumière, la nature du miroir a une importance qui ne saurait être mise en doute. Les meilleures conditions, au point de vue théorique, consistent dans l'emploi de miroirs à une seule surface réfléchissante, tels que les miroirs métalliques. Ceux de verre étamé ont le grand inconvénient de présenter deux surfaces capables de réfléchir la lumière, et donnent par conséquent deux images du soleil ; ce qui nuit toujours à la netteté des résultats, lorsqu'il s'agit surtout de reproduire des sujets extrêmement délicats à des grossissements très-considérables. Les miroirs métalliques ne possèdent pas ce défaut, mais leur nature est loin d'être indifférente; ceux qui sont le plus répandus dans le commerce sont formés d'un alliage de cuivre et d'étain susceptible, il est vrai, de prendre un très-

beau poli, mais réfléchissant une lumière rougeâtre peu convenable aux opérations photographiques, à cause de sa faible activité chimique. M. Bertsch a proposé l'emploi d'une lame d'anthracite plane et parfaitement polie, qui, à l'avantage de ne donner qu'une seule réflexion, joint celui d'une grande inaltérabilité et de n'exiger aucun entretien; mais la quantité de lumière réfléchie est très-faible, ce qui ralentit nécessairement l'impression des glaces sensibles. Les miroirs argentés se recommandent, au contraire, par de nombreuses et précieuses qualités qui doivent en déterminer l'emploi d'une manière exclusive. Ces miroirs consistent en une lame de verre parfaitement dressée, à la surface de laquelle on a déposé, par des procédés chimiques, une couche d'argent pur très-mince et très-résistante. Le frottement d'une peau de chamois saupoudrée d'un peu de rouge anglais suffit pour leur donner un magnifique poli, et l'on obtient ainsi une surface très-homogène, réfléchissant les 75 centièmes environ des rayons qu'elle reçoit, et donnant une lumière blanche très-propre aux opérations photographiques. Si l'on ajoute à ces avantages celui de pouvoir argenter soi-même des glaces de verre avec la plus grande facilité, on n'hésitera

plus à donner la préférence à de pareils miroirs, qui remplissent au plus haut degré toutes les conditions désirables (1).

Bien que l'usage des miroirs métalliques réalise dans tous les cas les conditions les plus avanta-

(1) Parmi les nombreux procédés d'argenture qui ont été successivement indiqués, le plus simple et le plus pratique est, sans contredit, celui qui a été proposé par M. A. Martin ; il est fondé sur l'action réductrice que le sucre interverti exerce sur les sels d'argent. Nous ne saurions mieux faire que de reproduire ici la note publiée par l'auteur, en 1863, dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*.

« On commencera par préparer :

» 1° Une dissolution de 10 grammes de nitrate d'argent dans 100 grammes d'eau distillée.

» 2° Une solution aqueuse d'ammoniaque pure, marquant 13 degrés à l'aréomètre de Cartier.

» 3° Une solution de 20 grammes de soude caustique pure dans 500 grammes d'eau distillée.

» 4° Une solution de 25 grammes de sucre blanc ordinaire dans 200 grammes d'eau distillée. On y verse un centimètre cube d'acide nitrique à 36 degrés ; on fait bouillir pendant vingt minutes pour produire l'interversion, et l'on complète le volume de 500 centimètres cubes à l'aide d'eau distillée, et de 50 centimètres cubes d'alcool à 36 degrés.

» Ces liquides obtenus, on procède à la préparation du liquide argentifère. On verse dans un flacon 12 centimètres cubes de cette solution de nitrate d'argent (1°), puis 8 centimètres cubes d'ammoniaque à 13° (2°) ; enfin 20 centimètres cubes de la dissolution de soude (3°). On complète par 60 centimètres cubes d'eau le volume de 100 centimètres cubes.

geuses à la netteté des projections microscopiques, leur facile altération en rend l'emploi assez incommode; la couche d'argent se ternit en effet au bout de quelque temps, et exige alors un nouveau polissage qui, souvent répété, finit toujours par érailler la surface: aussi est-il nécessaire de procéder de temps

» Si les proportions ont été bien observées, la liqueur reste limpide, et une goutte de nitrate d'argent doit y produire un précipité permanent. On laisse reposer, dans tous les cas, pendant vingt-quatre heures, et dès lors la solution peut être employée en toute sécurité.

» La surface à argenter sera bien nettoyée avec un tampon de coton imprégné de quelques gouttes d'acide nitrique à 36 degrés; puis elle sera lavée à l'eau distillée, égouttée et posée sur cales à la surface d'un bain composé de la liqueur argentifère ci-dessus que l'on aura additionnée de 1/10e à 1/12e de la solution du sucre interverti (4°).

» Sous l'influence de la lumière diffuse, le liquide dans lequel baigne la surface à argenter deviendra jaune, puis brun, et au bout de deux à cinq minutes l'argenture envahira toute la surface du verre; après dix à quinze minutes, la couche aura atteint toute l'épaisseur désirable, il n'y aura plus qu'à laver à l'eau ordinaire d'abord, puis à l'eau distillée, et on laissera sécher le verre à l'air libre en le posant sur la tranche.

» La surface sèche offrira un poli parfait, recouvert d'un léger voile blanchâtre. Sous l'action du moindre coup de tampon de peau de chamois saupoudrée d'une petite quantité de rouge à polir, ce dernier voile disparaîtra, et laissera à nu une surface brillante que sa constitution physique rend éminemment propre aux usages de l'optique auxquels elle est destinée. »

en temps à une nouvelle argenture, ce qui apporte nécessairement aux opérations une complication de plus. Dans les cas cependant où l'objet à reproduire ne doit être que peu amplifié, on peut, sans inconvénient, recourir à des miroirs de verre ordinaires, pourvu qu'ils remplissent certaines conditions.

Les glaces étamées, par exemple, doivent être bannies de la manière la plus absolue, à cause de la prompte altération qu'elles subissent : la chaleur solaire détruit très-rapidement, en effet, l'amalgame d'étain appliqué à leur surface postérieure, et il en résulte, au bout de très-peu de temps, une couche granuleuse qui réfléchit très-mal et surtout très-irrégulièrement la lumière ; de plus, le verre est presque toujours attaqué et corrodé en certains points, de sorte qu'il devient impossible de rendre à un pareil miroir ses propriétés primitives, même par un nouvel étamage. Les glaces argentées ne possèdent aucun de ces inconvénients ; la chaleur solaire n'exerce sur elles aucune action fâcheuse (1), et la

(1) Dans les glaces argentées du commerce, on recouvre généralement d'un vernis la surface métallique, afin de la protéger contre les frottements. Dans ces conditions, la chaleur solaire finit à la longue par les altérer ; il est de beaucoup préférable de ne pas avoir recours à ce moyen, et d'épaissir la couche d'argent par une seconde immersion dans le bain précédemment indiqué.

quantité de lumière réfléchie est de beaucoup plus considérable qu'avec les glaces étamées. Enfin, les miroirs de cette nature ont encore l'avantage de pouvoir servir par chacune de leurs faces; il suffit de les retourner dans le cadre qui leur sert de monture, pour avoir à volonté un miroir métallique destiné aux expériences délicates, ou une glace ordinaire pour les cas nombreux où l'on pourra s'affranchir des soins minutieux qu'exige l'entretien des premiers.

Enfin, on peut encore réfléchir la lumière à l'aide de prismes d'un angle convenable pour que les rayons qui les traversent éprouvent sur une de leurs faces le phénomène de la réflexion totale. Ce moyen serait, sans contredit, préférable à tous les autres, s'il était facile de se procurer des prismes assez volumineux pour recevoir le large faisceau solaire qui est souvent nécessaire dans les opérations photographiques; il posséderait le double avantage de ne donner qu'une seule image du corps lumineux, et de transmettre les rayons réfléchis avec une intensité beaucoup plus considérable que les miroirs les mieux polis.

Bien que l'emploi des miroirs suffise presque toujours pour diriger la lumière sur l'appareil, il

devient très-souvent indispensable d'avoir recours à des prismes : ce cas se présente, par exemple, toutes les fois que l'on voudra dévier de sa direction l'image formée par l'objectif; il est également très-utile de substituer un prisme à réflexion totale au miroir ordinaire du microscope, ce qui augmente à la fois l'intensité et la netteté des images. De très-petits prismes suffisent d'ailleurs pour réaliser ces conditions, qui présentent une trop sérieuse utilité pour qu'on doive les négliger.

Éclairage des objets transparents. — Un rayon de lumière solaire simplement réfléchi par un miroir plan ne saurait suffire à éclairer convenablement un objet microscopique destiné à être reproduit par la photographie. Non-seulement on obtiendrait ainsi un éclairage trop peu intense pour impressionner la plaque sensible lorsqu'on fait usage de grossissements considérables, mais encore, dans la plupart des cas, les phénomènes de diffraction qui se produisent sur les bords des objets nuiraient de la manière la plus complète à la netteté des résultats. Il est donc indispensable de n'amener la lumière sur la préparation qu'après lui avoir fait traverser un système de lentilles des-

tiné soit à la concentrer, soit à détruire le plus possible les effets secondaires qui peuvent se produire. De plus, l'appareil éclaireur doit se prêter à obtenir facilement et à volonté un faisceau lumineux convergent, parallèle ou divergent, selon la nature de l'objet à reproduire. Ces diverses conditions peuvent être réalisées à l'aide de deux lentilles convergentes, l'une de 5 à 6 centimètres de diamètre et de 25 à 30 centimètres de foyer, l'autre très-petite et d'une distance focale extrêmement courte. La première reçoit directement le faisceau parallèle réfléchi par le miroir ; la seconde, placée sur le trajet des rayons réfractés, est destinée à modifier leur marche, selon la position qu'elle occupe.

Soit, en effet (fig. 8), une lentille convergente A, recevant un faisceau de lumière solaire S parallèle à l'axe ; F son foyer principal, B la petite lentille. Si la position des deux lentilles est telle que leur foyer coïncide en F (n° 1), le faisceau émergent, composé de rayons parallèles, formera un cylindre d'une longueur indéfinie en un point quelconque duquel pourra être placé l'objet.

Si l'on rapproche les deux lentilles de façon que B reste encore au delà du foyer principal de la len-

tille A (nº 2), les rayons seront divergents à leu émergence, et l'objet se trouvera dans un côn lumineux dont le sommet sera placé entre les deu

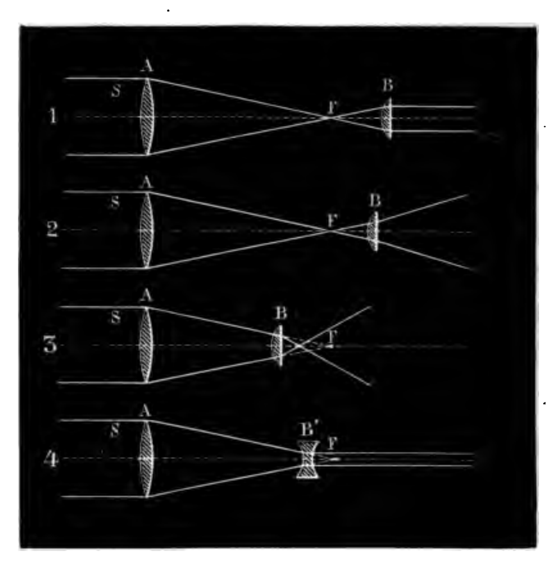


FIG. 8. — Dispositions diverses de l'appareil éclaireur.
1. Éclairage parallèle.— 2. Éclairage divergent. — 3. Éclairage convergent. — 4. Éclairage parallèle.

lentilles. Enfin, place-t-on B entre la première len tille et son foyer (nº 3), elle aura pour effet d'aug menter la convergence des rayons, et de donner, a point F, une image très-petite et très-lumineuse d soleil ; au delà de ce point, on obtiendrait, comm le montre la figure, un éclairage divergent en pl

çant l'objet au delà du point F, où se croisent les rayons. Une autre disposition qui présente aussi de grands avantages consiste dans l'emploi d'une lentille divergente B' (n° 4) que l'on place entre la première lentille et son foyer. On obtient ainsi un faisceau parallèle très-petit et très-éclairant que l'on rend ensuite convergent par l'action d'une petite lentille, comme dans les cas qui précèdent.

De toutes ces dispositions, la plus générale est, sans contredit, celle que représente le n° 3, et c'est même la seule qui puisse être employée avec avantage, lorsqu'on se sert d'objectifs très-grossissants. Lorsque, en effet, l'objet à reproduire se trouve placé en F, non-seulement il reçoit un éclairage très-vif qui ne dépend que du diamètre du condensateur A, mais on évite encore tous les phénomènes de diffraction; l'objet, se trouvant ainsi confondu avec la source lumineuse, ne pourra plus jouer le rôle d'écran par rapport à la lumière qui le traverse, et aucun phénomène d'interférence ne se produira sur ses bords. Mais il est indispensable que la petite image du soleil, produite au foyer du concentrateur, coïncide rigoureusement avec la surface de la préparation. Pour que ce résultat soit atteint d'une manière complète, il serait indispen-

sable que les rayons solaires suivent, après leur croisement en F, une marche absolument identique avec celle des rayons qui, émanés de l'objet, viennent faire leur image sur l'écran; c'est-à-dire que la convergence de la lumière devrait varier non-seulement avec chaque objectif, mais encore pour un même objectif, selon la distance de l'écran.

Ici se présente une difficulté sérieuse qui, dans la pratique, ne peut recevoir une solution rigoureuse. Si l'on fait usage d'un système éclaireur à foyer assez court pour remplir les conditions qui précèdent, l'image du soleil a une étendue beaucoup trop faible pour éclairer une surface suffisante de l'objet, et le champ lumineux se trouve alors réduit à un cercle plus ou moins petit, selon la longueur focale de l'objectif. On est donc obligé de donner au concentrateur un foyer, tel que l'image du soleil couvre toujours la portion de la préparation qui doit être comprise dans le champ de l'appareil, et ce n'est qu'en s'éloignant souvent des conditions théoriques qui viennent d'être indiquées que l'on atteindra un pareil résultat. On remarquera cependant que le cercle lumineux pourra être d'autant plus petit, que le grossissement sera plus considérable, ce qui permet de se rapprocher assez com-

plétement des conditions les plus favorables, dans les cas où cela devient le plus nécessaire. Il est d'ailleurs aisé d'augmenter ou de diminuer la convergence des rayons en faisant varier dans certaines limites la distance qui sépare les deux lentilles A, B; on peut aussi donner au concentrateur des longueurs focales différentes, selon les circonstances au milieu desquelles on opérera. Ce mode d'éclairage, analogue, comme on le voit, à celui qui est usité dans les microscopes solaires, n'est qu'une modification de celui qui a été imaginé et employé avec tant de succès par Dujardin pour les observations microscopiques ; il possède sur ce dernier l'avantage de donner aux rayons solaires divers degrés de convergence.

Une modification assez simple de la disposition qui précède, permet d'arriver à des résultats plus satisfaisants, mais cette méthode a malheureusement l'inconvénient de produire un éclairage peu intense qui se prête moins bien aux cas où l'on voudrait obtenir directement de grandes amplifications. Au lieu de faire arriver sur le concentrateur de Dujardin les rayons

(1) Il est très-utile de recouvrir les glaces dépolies, destinées à cet usage, d'une légère couche d'encaustique à la cire, que l'on dessèche complétement ensuite à l'aide d'un chiffon de laine.

solaires réfractés par la première lentille A (fig. 9), on les reçoit sur une glace finement dépolie (1), de manière à éclairer très-fortement un cercle de 7 à 8 millimètres de diamètre. Cette petite surface éclairée

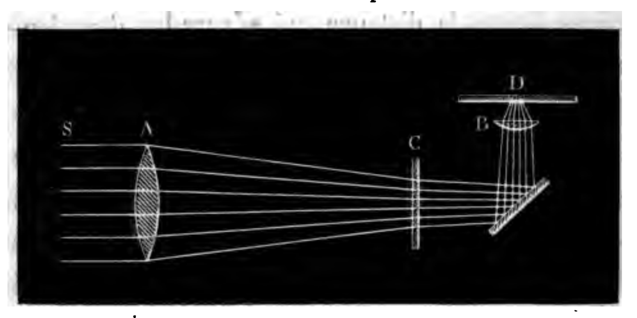


FIG. 9. — Éclairage par la lumière d'une glace dépolie.

A. Lentille-condensateur. — B. Appareil Dujardin. — C. Glace dépolie. — D. Porte-objet. — M. Miroir du microscope.

sert alors de source lumineuse, et il est toujours facile de la placer à une distance convenable du concentrateur B, pour produire sur l'objet D une image formée par des rayons d'une convergence convenable.

Il est utile dans ce cas de donner à la lentille A une longueur focale aussi grande que possible. Les conditions les plus favorables consisteraient à recevoir en C l'image nette du soleil ; il faudrait alors un condensateur d'un mètre de foyer pour que cette

(1) On obtient ainsi une surface très-diaphane qui diffuse une lumière plus vive et plus uniforme qu'un simple verre dépoli.

image ait 6 millimètres de diamètre : on obtiendrait ainsi une lumière extrêmement vive et très-uniforme. On peut cependant dans la pratique s'affranchir de cette nécessité toujours embarrassante, en plaçant l'écran transparent un peu avant le foyer de la lentille, de manière à n'en éclairer que la portion nécessaire à l'expérience.

Cette disposition est extrêmement avantageuse lorsqu'on fait usage d'un des appareils à petites épreuves qui seront décrits plus loin; c'est, de plus, celle qui se prête le mieux au cas où l'on ne fait pas usage d'un héliostat. Il est en effet très-facile de maintenir constante la direction des rayons solaires à l'aide d'un simple porte-lumière, car il n'est plus nécessaire de diriger rigoureusement les rayons dans l'axe de l'appareil ; il suffit de coller sur la glace dépolie un papier noir percé en son centre d'une ouverture que l'on maintient constamment éclairée pendant la durée de l'opération. Cette méthode est d'ailleurs applicable à tous les cas, et elle permet d'augmenter à volonté l'intensité de l'éclairage en donnant au condensateur A un diamètre suffisant pour réunir sur la glace dépolie une grande quantité de lumière.

Ces divers modes d'éclairage, les seuls applicables

à l'emploi de puissants objectifs, ne sauraient être utilisés dans les cas où l'on fait usage de très-faibles grossissements. L'image du soleil qui vient se peindre sur la préparation n'a plus alors une étendue suffisante pour illuminer toutes les portions comprises dans le champ de l'objectif, de sorte qu'une très-petite surface de l'objet se trouve seulement éclairée. Pour obvier à cet inconvénient, le meilleur moyen consiste à supprimer la petite lentille B, et à amener le foyer de la première sur le centre optique de l'objectif. La préparation se trouve alors comprise dans un cône lumineux ayant son sommet sur l'objectif, et, si le foyer de la lentille est convenablement choisi, tout le champ se trouvera net et éclairé. Il n'est d'ailleurs utile d'avoir recours à ce mode d'éclairage que pour les grossissements très-faibles, tels que ceux que fournit le n° 0 de M. Nachet. Une lentille de 30 centimètres de foyer environ remplit alors toutes les conditions désirables.

Quant aux rayons parallèles ou divergents, ils ne conviennent qu'à des cas moins nombreux, et ne donnent jamais de résultats aussi satisfaisants que la lumière convergente. On peut cependant en retirer des avantages incontestables, lorsque l'amplification de l'objet est assez faible pour per-

mettre de négliger les franges de diffraction. Un éclairage parallèle, par exemple, convient très-bien pour les objectifs à long foyer, mais il faut alors que le diamètre de la petite lentille soit suffisant pour que le faisceau émergent circonscrive une surface de la préparation assez grande pour éclairer tout le champ, c'est-à-dire un cercle de 7 à 8 millimètres de diamètre pour le n° 0.

La nature des lentilles destinées à l'appareil éclaireur est loin d'être sans importance ; tout le système devra être achromatique et surtout aplanatique. Cette dernière condition est principalement utile à réaliser ; il en résulte, dans la petite image du soleil, une grande netteté qui influe beaucoup sur le résultat définitif. L'éclairage Dujardin dont sont pourvus la plupart des microscopes complets, se prête parfaitement, lorsqu'il est bien construit, aux dispositions qui précèdent. Son foyer est cependant ordinairement trop court pour qu'il puisse être conjugué au condensateur ; mais comme il est formé de deux ou trois lentilles superposées, on pourra le plus souvent l'adapter aux exigences nécessaires en en supprimant une partie. Quant au condensateur lui-même, on le formera avec avantage par un objectif photographique de 20 à 30

centimètres de foyer, selon les cas. Un diaphragme, d'une grandeur convenable d'après la quantité de lumière nécessaire et disposé entre la lentille et le miroir réflecteur, est le plus souvent utile; il augmente la netteté en détruisant en partie l'aberration de sphéricité. Il ne faudrait pas croire cependant qu'il y ait avantage à se servir de diaphragmes trop étroits, car on retomberait dans un autre inconvénient, la production de franges de diffraction : il existe pour chaque cas particulier une limite qu'on ne doit pas franchir, et que l'expérience seule est susceptible d'indiquer. Enfin, des diaphragmes devront encore s'adapter au dessous de l'appareil Dujardin, et ici encore on déterminera par quelques tâtonnements la grandeur qui convient le mieux.

Les différentes parties qui constituent le système éclaireur doivent, par leur disposition, se prêter à remplir avec facilité les diverses conditions qui viennent d'être énumérées; l'appareil suivant joint à une grande simplicité l'avantage d'un maniement facile, et s'adapte sans peine aux installations variées, qui seront décrites plus loin. Le microscope est assujetti sur une tablette de bois portant une règle horizontale B (fig. 10) munie d'une coulisse; celle-ci reçoit de petits supports sur lesquels sont fixés

les pièces destinées à l'éclairage. L'épaisseur de cette règle doit être telle, que l'axe du condensateur D



Fig. 10. — Disposition de l'appareil éclaireur.

B. Règle horizontale munie d'une coulisse. — I. Miroir argenté. — E. Diaphragme. — D. Lentille convergente. — H. Cuve à sulfate de cuivre. — M. Miroir du microscope. — F. Éclairage Dujardin.

coïncide exactement avec celui du miroir du microscope. Un diaphragme E placé derrière la lentille ne laisse arriver sur cette dernière que la quantité de lumière nécessaire à l'opération. Les rayons solaires, après s'être réfractés sur le condensateur, sont réfléchis sur le miroir M, et viennent ensuite tomber

sur le concentrateur placé en F. Celui-ci, mobile dans un plan vertical à l'aide d'une bascule, peut occuper diverses positions, parmi lesquelles une seule convient le mieux pour les conditions où l'on opère; on la déterminera par l'inspection de l'image, en s'arrêtant à celle qui donne les meilleurs résultats. Des graduations tracées sur la règle permettent de retrouver facilement la meilleure place du condensateur pour des circonstances déterminées. On voit de plus qu'il sera toujours facile de donner aux deux lentilles des positions relatives convenables pour obtenir de la lumière convergente, parallèle ou divergente. Enfin, la coulisse de cette même règle peut recevoir encore de petites cuves de verre H, destinées à contenir des liquides colorés dont on verra plus loin l'utilité.

Le miroir I, représenté sur la figure, est loin d'être indispensable pour la direction de la lumière; il y a même un grand avantage à le supprimer toutes les fois que le faisceau horizontal, réfléchi par le porte-lumière ou l'héliostat, pourra, par sa hauteur, coïncider avec l'axe de l'appareil éclaireur : on évite ainsi une réflexion, et l'on augmente par conséquent l'intensité de la lumière. Mais dans le cas où une cause particulière, telle, par exemple, que l'élé-

ration de la fenêtre, ne permettrait pas de réaliser ces conditions, il devient nécessaire d'avoir recours à ce miroir, afin de diriger les rayons dans l'axe de l'instrument. C'est surtout alors qu'il est important de ne pas faire usage des miroirs de verre afin d'éviter les nombreuses images du soleil fournies par ces réflexions multiples; mais si on les effectue à l'aide de surfaces métalliques, elles nuisent moins à la netteté des résultats qu'à la rapidité de l'impression.

On peut, à la rigueur, dans bien des circonstances, supprimer le condensateur placé en F, et se contenter d'amener sur la préparation le foyer de la première lentille. Cette manière d'opérer convient assez bien lorsqu'on fait usage d'objectifs faibles, mais elle devient insuffisante à partir du n° 3 de M. Nachet; elle a d'ailleurs, dans tous les cas, l'inconvénient de donner aux rayons une convergence trop faible, car la distance qui existe toujours entre le miroir du microscope et la préparation ne comporte pas l'emploi d'une lentille à foyer assez court pour remplir les conditions nécessaires. On a vu cependant que pour de très-faibles grossissements, il était indispensable d'enlever l'appareil de Dujardin, et de faire coïncider le foyer de la pre-

mière lentille avec le centre optique de l'objectif.

La figure 11 montre une disposition tout à fait

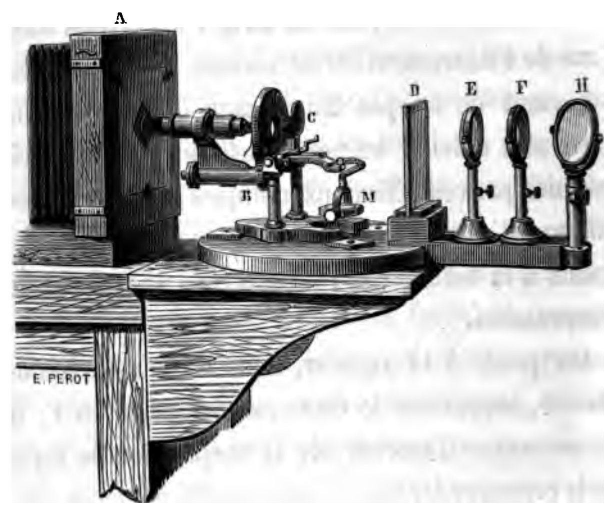


FIG. 11. — Disposition du microscope horizontal.

A. Chambre noire. — B. Microscope. — C. Éclairage Dujardin muni de son diaphragme. — D. Cuve à sulfate de cuivre. — E. Lentille achromatique. — F. Diaphragme. — H. Miroir argenté. — M. Miroir du microscope rejeté hors de l'axe de l'instrument.

analogue à la précédente, mais applicable au cas où l'on fait usage d'un microscope horizontal. Elle n'en diffère essentiellement que par la suppression du miroir M, devenu inutile. Celui-ci est rejeté hors de l'axe de l'instrument, de manière à ne pas gêner les autres pièces de l'appareil (1).

(1) La règle horizontale qui supporte l'appareil éclaireur doit être plus longue que ne l'indique la figure. Elle est ici réduite dans ses dimensions, à cause du format du livre.

Dans le cas où l'on adoptera pour l'appareil éclaireur la disposition qui a été décrite page 64, fig. 9, le verre dépoli, monté sur un petit support, se place comme les autres pièces dans la coulisse de la règle B, qui doit alors avoir une longueur plus grande que ne l'indique la figure ; la lentille destinée à éclairer ce verre occupera des positions variables, selon la grandeur du cercle lumineux nécessaire à l'éclairage de tout le champ. Lorsqu'on fait usage d'une lentille à très-long foyer, ce qui est, comme on l'a vu, extrêmement avantageux, il est préférable de la monter sur l'ouverture même du porte-lumière ou devant le miroir de l'héliostat ; il suffit alors de placer l'instrument à une distance convenable pour que le verre dépoli soit un peu en deçà du foyer de la lentille. Cette disposition a d'ailleurs l'avantage d'exiger un centrage moins parfait de toutes les parties de l'appareil éclaireur, ce qui simplifie beaucoup la manœuvre opératoire.

Éclairage oblique. — Certains objets ne laissent apercevoir les détails très-délicats qui se trouvent à leur surface que si la lumière qui les éclaire augmente, par les ombres qu'elle produit, l'intensité

des saillies et des creux. C'est ainsi, per exemple, que les stries et les lignes très-fines des navicules, invisibles dans la lumière ordinaire, deviennent facilement appréciables quand on fait tomber sur la préparation un faisceau lumineux d'une obliquité convenable pour projeter des ombres suffisamment intenses. Plusieurs moyens sont employés par les micrographes pour atteindre ce résultat; le plus simple consiste à placer le miroir hors de l'axe de l'instrument, ce qui permet, on le conçoit, d'obtenir de la lumière d'une obliquité variable. Une autre méthode, imaginée par M. Nachet, est fondée sur l'emploi d'un prisme placé au-dessous de l'objet et qui, après deux réflexions totales dans son intérieur, envoie sur la préparation de la lumière à la fois oblique et convergente. Ce petit instrument, qui rend de très-grands services pour les observations micrographiques, se prête mal aux besoins de la photographie. Son foyer extrêmement court donne, en effet, sur l'objet une image très-petite du soleil; de plus, l'aberration considérable de sphéricité et le manque d'achromatisme de cet appareil éclaireur diminuent beaucoup la netteté de la préparation lorsqu'on fait usage de la vive lumière du soleil.

On peut cependant obvier d'une manière assez satisfaisante à ces inconvénients en faisant usage de la disposition indiquée plus haut, qui consiste à employer comme source lumineuse un verre dépoli fortement éclairé par de la lumière convergente. En donnant à la surface lumineuse un assez grand diamètre, on parvient sans peine à éclairer d'une manière uniforme le champ utile de la préparation. Quant au défaut d'achromatisme, on y remédie, comme on le verra plus loin, par l'interposition d'un milieu coloré ne laissant arriver sur l'objectif que des rayons monochromatiques.

La première méthode, au contraire, est susceptible de fournir d'excellents résultats et se recommande par sa simplicité. Il suffit, en effet, après avoir supprimé le concentrateur, de placer le miroir M en dehors de l'axe de l'appareil et de diriger les rayons de la première lentille de manière à amener leur foyer sur la préparation. On peut ainsi obtenir tous les degrés possibles d'obliquité, selon la nature de l'objet à reproduire, et concentrer une grande quantité de lumière par l'emploi d'un condensateur à court foyer.

Une autre disposition, préférable encore à la précédente, est celle qui a été proposée par M. Harting

pour l'étude des objets qui exigent un éclairage oblique; mais elle nécessite un instrument dont la complication n'est pas en rapport avec les services qu'il est appelé à rendre. Dans l'appareil de M. Harting, l'éclairage de Dujardin C (fig. 12)

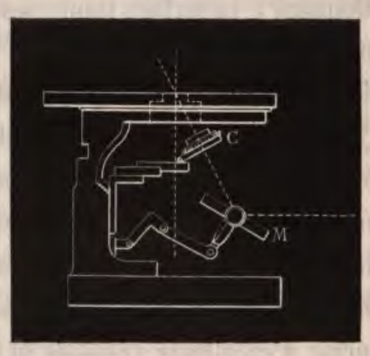


FIG. 12. — Appareil pour l'éclairage oblique (coupe verticale).

M. Miroir du microscope porté hors de l'axe de l'instrument. — C. Éclairage Dujardin excentré et incliné.

peut lui-même être porté, comme le miroir, en dehors de l'axe du microscope, et de plus il est mobile autour d'un axe horizontal de manière à être traversé normalement par la lumière oblique que réfléchit le miroir. Ce système réalise évidemment les conditions les plus favorables à l'intensité de la lumière; mais il n'y a pas d'inconvénient notable à supprimer l'appareil éclaireur C et à s'en

tenir à la méthode plus simple qui vient d'être indiquée.

Un vice capital inhérent à ces divers modes d'éclairage consiste surtout en ce que ce n'est plus la surface entière de l'objectif qui agit pour la formation de l'image, mais seulement un de ses bords d'autant moins étendu que l'obliquité des rayons est plus considérable. Cette observation importante, que l'on doit à M. Léon Foucault, explique pourquoi l'intensité lumineuse de l'image diminue d'une manière si notable et pourquoi les effets d'aberration deviennent si sensibles à mesure que l'obliquité augmente; aussi ne doit-on user que dans des limites aussi étroites que possible de ce système, qui n'est d'ailleurs utile que dans des cas tout à fait exceptionnels.

Il est indispensable, quand on fait usage de la lumière oblique, d'orienter l'objet par rapport à l'incidence des rayons, de telle façon que les détails que l'on étudie projettent une ombre dans une direction déterminée. Les microscopes à platine rotative sont dans ce cas d'un usage fort commode et presque indispensable. On peut, il est vrai, avec un peu d'habitude, faire tourner la préparation à la main jusqu'à ce que l'on ait trouvé la position la

plus avantageuse, mais ce moyen, toujours incertain, ne devra être employé que lorsqu'il sera impossible de faire autrement.

Enfin, il est facile d'obtenir, par une modification très-simple apportée à l'appareil de Dujardin, des effets très-curieux et identiques avec ceux que produit l'éclairage oblique. Elle consiste dans l'emploi de diaphragmes annulaires, masquant le centre du

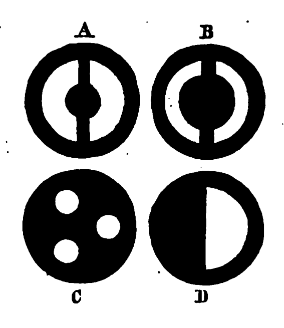


FIG. 13. — Diaphragmes de diverses formes permettant d'obtenir les effets de la lumière oblique.

concentrateur pour ne laisser passer que les rayons latéraux; on obtient ainsi un éclairage oblique dans toutes les directions qui produit souvent de très-bons résultats. Ce moyen permet de varier l'obliquité de la lumière en donnant à la partie centrale et opaque des diaphragmes un diamètre plus ou moins considérable, comme l'indiquent les figures

A et B; on peut aussi modifier de mille manières la disposition de ces appareils et produire des jeux de lumière que l'éclairage oblique ordinaire serait impuissant à réaliser. C'est ainsi que dans certains cas il sera avantageux d'employer trois petits trous plus ou moins éloignés du centre, qui ne laisseront passer que trois pinceaux obliques, fig. C. D'autres fois on devra préférer un demi-diaphragme D obturant en partie la surface de la lentille, etc. On construit avec facilité ces petits diaphragmes, soit en les découpant dans du clinquant ou du carton mince, soit en collant de petits disques de papier noir sur des lamelles de verre que l'on dispose au-dessous de l'appareil Dujardin. Quant à la manière de les maintenir, la plus simple consiste dans l'emploi d'une petite pièce de raccord qui s'ajuste dans la plus grande ouverture du disque tournant placé au-dessous du concentrateur. Il est facile, par cette disposition, non-seulement de les changer avec facilité, mais encore de les excentrer plus ou moins selon l'effet qu'il est utile de produire.

Cette méthode est excellente et possède sur l'éclairage oblique ordinaire le grand avantage de conserver la lumière dans l'axe rigoureux de l'appareil. Elle ne modifie par conséquent en rien les

dispositions générales du système éclaireur, et se prête mieux que toute autre à un éclairage régulier.

Éclairage des corps opaques — La photographie des objets opaques est entourée de certaines difficultés à cause de la faible quantité de lumière dont on dispose généralement. On ne peut, en effet, utiliser dans ces conditions que la lumière réfléchie par la surface toujours très-petite du corps que l'on étudie, et si à cela on ajoute la couleur souvent assez sombre de ces objets, on concevra que ce n'est que par l'emploi d'un éclairage des plus intenses que l'on peut espérer un succès. La plupart des moyens usités pour les observations micrographiques sont alors insuffisants, et une disposition spéciale est nécessaire pour les expériences de ce genre.

On pourrait, à la rigueur, avoir recours au miroir de Lieberkühn, capable dans certains cas de rendre quelques services. Cet appareil consiste en un miroir métallique concave à courbure parabolique, percé en son centre et disposé horizontalement au-dessus de l'objet. L'extrémité inférieure du corps du microscope traverse l'ouverture du miroir, qui par conséquent ne gêne en rien la mise au point; enfin, l'objet placé comme d'habitude sur la platine

doit se projeter sur un fond noir complétement opaque. Si l'on fait arriver sur un pareil miroir des rayons parallèles à l'axe, ceux-ci convergeront en son foyer et éclaireront très-vivement l'objet qui s'y trouve placé.

Ce mode d'éclairage, souvent avantageux pour les études microscopiques, présente plusieurs inconvénients dans ses applications à la photographie. La quantité de lumière que l'appareil de Lieberkühn est susceptible de recevoir dépend en effet du diamètre de l'ouverture qui se trouve sur la platine du microscope, et, dans la plupart des instruments, cette ouverture est trop étroite pour donner passage à un faisceau lumineux suffisant pour l'impression photographique. On peut obvier à cet inconvénient en ayant recours à la disposition particulière proposée par M. Nachet pour la photographie des objets microscopiques. Dans cet appareil, représenté figure 14, le microscope est renversé de manière à former l'image sur un écran, C, placé horizontalement au-dessous de lui. Un large miroir de Lieberkühn, M, reçoit les rayons solaires, par l'intermédiaire d'une glace plane qui n'est pas indiquée sur la figure, et les renvoie sur la préparation. Le porte-objet O est soutenu par deux bras de verre

épais qui n'apportent aucun obstacle à l'arrivée de la lumière sur le miroir condensateur (1).



Fig. 14. — Microscope photographique de M. Nachet.

A. Objectif. — M. Miroir de Lieberkühn. — O. Porte-objet. — V. Vis de rappel pour la mise au point. — C. Glace dépolie.

Cette disposition permet de faire usage d'un miroir à très-grande ouverture et d'augmenter d'une manière considérable l'intensité de la lumière ; mais

(1) Un condensateur spécial, s'ajustant au-dessus de l'objet, permet d'obtenir avec le même instrument des photographies des corps transparents.

si elle réalise des conditions assez favorables à la photographie des corps opaques, elle a le défaut d'exiger un matériel tout à fait spécial qui ne peut être entre les mains que d'un bien petit nombre de micrographes.

Un autre inconvénient du miroir de Lieberkühn consiste dans l'éclairage très-uniforme qu'il communique aux objets. Il réfléchit de la lumière dans toutes les directions et produit, par conséquent, des ombres symétriquement dirigées de la circonférence au centre, ce qui fait perdre souvent bien des détails qui ne sont visibles que par les ombres qu'ils projettent. Pour corriger ce grave défaut, il devient alors nécessaire de masquer par un écran une portion de la surface du miroir, mais on perd beaucoup de lumière utile, ce qui ralentit d'autant l'impression photographique.

La disposition suivante réalise d'une manière à la fois plus simple et plus satisfaisante les conditions qu'exige l'éclairage des objets opaques; elle a l'avantage de s'adapter à tous les microscopes et permet d'obtenir à volonté tous les degrés d'obliquité dans l'incidence de la lumière. La figure 15 indique la construction de l'appareil à employer en pareil cas. La lumière réfléchie par un miroir tombe sur

une lentille convergente achromatique C, de 30 centimètres de foyer environ, et mobile sur un support

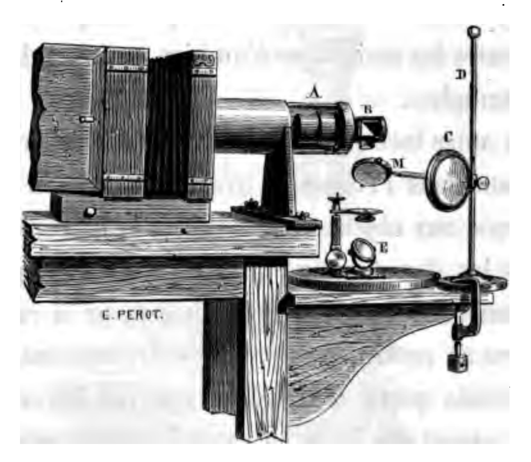


FIG. 15. — Appareil pour l'éclairage des corps opaques.

C. Lentille achromatique convergente. — M. Miroir mobile dirigeant sur l'objet le faisceau solaire. — E. Miroir placé sous la platine et destiné à l'éclairage du fond. – A B. Instrument photographique.

vertical D; une tige de cuivre parallèle à l'axe de la lentille est fixée sur la douille qui glisse sur le support. Cette tige, percée de plusieurs trous, reçoit un petit miroir-plan qui a pour usage d'infléchir dans toutes les directions la lumière réfractée qui tombe à sa surface. Il est, comme on le voit, toujours facile de faire coïncider l'objet à reproduire avec le foyer du condensateur, et de varier l'obliquité de la lumière en éloignant plus ou moins le réflecteur de

l'axe de l'appareil amplifiant. Cette disposition permet aussi de modérer à volonté l'intensité de la lumière en plaçant la préparation dans diverses portions du cône lumineux; enfin, si l'objet possède un diamètre considérable, on pourra toujours le circonscrire par un cercle éclairé en le mettant en deçà du foyer de la lentille. L'intensité de l'éclairage produit par cet appareil ne dépend évidemment que du diamètre du condensateur; il est cependant inutile d'en exagérer les dimensions; une lentille de 8 centimètres suffit généralement à tous les cas, et encore est-il avantageux de la munir d'un diaphragme de 5 à 6 centimètres, afin d'éliminer les rayons les plus latéraux, qui sont plus nuisibles qu'utiles.

L'emploi pur et simple de cette méthode fournirait des épreuves photographiques dans lesquelles l'objet se détacherait sur un fond absolument noir, ce qui présente toujours une certaine dureté désagréable. Aussi est-il préférable d'éclairer légèrement ce fond en même temps que la préparation. On arrive très-facilement à ce résultat en faisant usage d'un petit miroir plan E, destiné à réfléchir dans l'axe de l'appareil de la lumière diffuse ou l'image d'un verre dépoli éclairé par les rayons solaires. On

produira ainsi des fonds plus ou moins teintés, et même tout à fait blanc en ménageant d'une manière convenable l'intensité de ce nouvel éclairage. On peut même dans quelques cas faire arriver la lumière pendant une fraction du temps nécessaire à l'impression et obtenir, selon la nature de l'objet, tous les effets désirables.

Il est presque inutile d'ajouter que tous les modes d'éclairage qui précèdent ne sont applicables qu'aux cas où l'on se sert d'objectif à assez long foyer; non-seulement il serait difficile de concentrer une quantité suffisante de lumière pour les grossissements considérables, mais l'objectif se trouverait assez rapproché de l'objet pour intercepter tous les rayons incidents. Les corps opaques ont d'ailleurs des dimensions nécessairement assez grandes pour n'exiger jamais que l'emploi d'une faible amplification.

Enfin, il est une dernière méthode qui trouve ici naturellement sa place, quoiqu'elle ne soit pas applicable aux objets absolument opaques, mais qui se prête admirablement à l'éclairage des corps translucides; elle est fondée sur l'emploi d'un petit instrument imaginé par M. Nachet, et qui produit des effets extrêmement remarquables.

Cet appareil, désigné sous le nom d'éclairage à fond noir, consiste en un cône de verre, dont la base présente une surface courbe ; au centre de celle-ci se trouve une petite cupule rendue opaque par un vernis noir. Ce cône s'ajuste dans le microscope à la place de l'appareil Dujardin, le sommet tourné vers le miroir. En dirigeant, selon son axe, un faisceau parallèle, on obtient une lumière très-oblique dans toutes les directions qui éclaire très-vivement l'objet; celui-ci se projette sur un fond noir, grâce à l'opacité de la cupule, qui ne laisse arriver aucun rayon dans l'axe de l'instrument. Quand on observe une préparation convenable à l'aide de cet appareil, on croirait voir l'objet éclairé par dessus, avec cette différence que la lumière possède une très-remarquable intensité.

On obtient d'excellents résultats photographiques à l'aide de cet éclairage, qui se prête d'une manière toute particulière à la reproduction des cristaux, de certaines diatomées, etc. Son usage exige toutefois une disposition spéciale du système éclaireur analogue à celle qui a été décrite page 64, fig. 9. Le foyer de cet instrument étant extrêmement court, il en résulte nécessairement que l'image du soleil, qui vient se former sur la préparation, est

toujours trop petite pour en éclairer une étendue suffisante; cet inconvénient est d'autant plus sensible, que ce mode d'éclairage est surtout applicable aux objets d'une assez grande dimension qui, exigeant l'emploi d'objectifs faibles, embrassent toujours un champ assez considérable. De plus, son aberration chromatique donne lieu à un éclairage peu uniforme composé de zones concentriques très-vivement colorées. Pour obvier à ces difficultés, il est nécessaire d'employer une source de lumière d'une surface suffisante, et peu éloignée du microscope.

Cette condition est facile à réaliser en plaçant près du miroir une glace finement dépolie sur laquelle on projette, à l'aide d'une lentille à long foyer, un disque lumineux de 3 à 4 centimètres de diamètre; on parvient aisément ainsi à obtenir un champ éclairé assez grand pour permettre l'emploi des plus faibles objectifs. Enfin, l'interposition d'une cuve à sulfate de suivre, dont il sera question plus loin, est presque indispensable pour remédier, en partie au moins, au manque d'achromatisme de cet appareil. Les résultats photographiques que fournit cette méthode sont souvent extrêmement remarquables par la vivacité des oppositions, on pourrait seulement lui reprocher de donner des

onds trop noirs qui exigent, de la part de l'opérateur, une habileté particulière pour éviter la dureté les positifs. Quoique les objets translucides paraisent très-fortement éclairés quand on les observe lans le microscope, il ne faut pas perdre de vue que l'intensité lumineuse est de beaucoup plus aible que lorsqu'on fait usage de la lumière transnise, ce qui ralentit d'une manière très-notable la apidité de l'impression des plaques sensibles.

3° Lumières artificielles.

Bien des tentatives ont été faites pour remplacer a lumière si souvent inconstante du soleil par une ource artificielle susceptible de rester invariable endant toute la durée des expériences. Bien que le semblables moyens n'aient qu'un intérêt scienifique dans les pays méridionaux, que la pureté du iel favorise d'une manière exceptionnelle, ils peuent avoir une très-grande utilité dans beaucoup de égions moins privilégiées, où les journées de soleil ont souvent très-rares. La première idée de faire isage d'une lumière artificielle pour la projection les objets microscopiques appartient à MM. Donné t Foucault, qui ont eu recours, pour éclairer l'in-

strument, soit à la lumière extrêmement vive que produit l'arc voltaïque, soit à l'emploi de la lumière de Drummond. Cette idée ingénieuse ne devait pas rester sans résultats pratiques, et des ateliers de nos habiles constructeurs français sont bientôt sortis des appareils permettant d'appliquer avec facilité au microscope solaire les diverses sources de lumière artificielle qui, par leur intensité, se prêtaient aux expériences de cette nature. On a déjà vu pour quelles raisons le microscope solaire devait être rejeté comme instrument d'observations et d'étude; mais, réduits à leur système éclaireur, ces nouveaux appareils seront appliqués avec succès aux diverses dispositions décrites plus loin, et produiront des résultats variables selon la source de lumière dont on fera usage.

Lumière électrique. — La lumière électrique est sans contredit celle qui convient le mieux aux expériences photographiques; elle pourrait même dans tous les cas remplacer avantageusement les rayons solaires, si son prix n'était trop élevé et si elle n'exigeait des instruments à la fois dispendieux et embarrassants. Elle possède en effet le précieux avantage de joindre à une très-grande intensité lumineuse une

puissante action chimique qui impressionne avec une grande rapidité toutes les substances photogéniques, ce qui permet d'opérer avec un temps de pose relativement très-court. Pour utiliser avec profit cette source lumineuse, il est indispensable d'avoir recours au régulateur photo-électrique de M. Foucault, destiné à maintenir constante pendant toute la durée des opérations la distance qui sépare les deux tiges de charbon entre lesquelles jaillit l'arc voltaïque. Pour obtenir avec cet appareil une lumière d'une intensité suffisante, il est nécessaire d'employer le courant produit par une pile de 40 à 50 couples, grand modèle de Bunsen; dans ces conditions le régulateur fonctionne d'une manière extrêmement régulière et l'arc voltaïque possède un éclat éblouissant dont la puissance photogénique a été évaluée au quart ou au cinquième environ de celle des rayons solaires, mais ce n'est là qu'une approximation, essentiellement variable selon les conditions de l'expérience.

La lampe photo-électrique doit être contenue dans un appareil spécial, destiné à diriger les rayons lumineux et à les concentrer sur l'objet à reproduire; celui qui convient le mieux est la lanterne construite spécialement pour cet usage par M. Du-

bosq. Elle consiste en une boîte cubique en cuivre C, au centre de laquelle se trouve la source lumineuse;

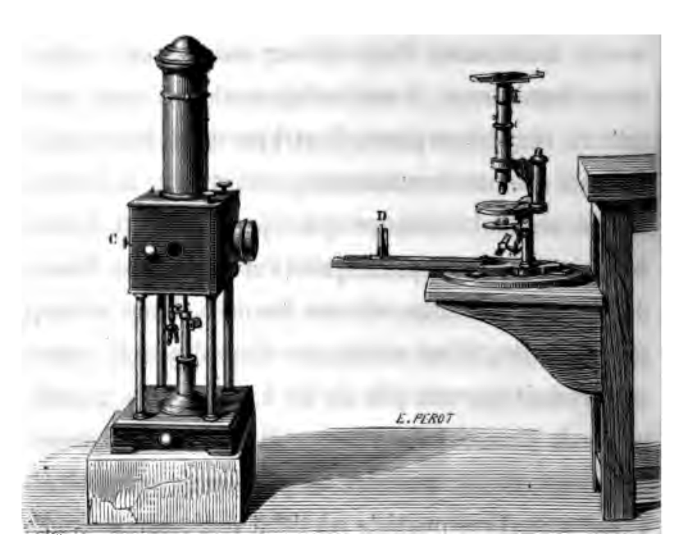


Fig. 16. — Appareil pour l'emploi des lumières artificielles.

C. Lanterne de M. Duboscq. — D. Lentille convergente destinée à concentrer les rayons lumineux sur le miroir du microscope.

deux des faces opposées de l'instrument sont munies, l'une, d'une lentille à court foyer qui rassemble les rayons en un faisceau parallèle, l'autre, d'un réflecteur sphérique qui renvoie sur le point lumineux lui-même les rayons lancés du côté opposé. Pour éclairer un objet microscopique, il suffit de le disposer à une hauteur convenable pour que l'axe

du faisceau émergent coïncide exactement avec celui du condensateur du microscope; si les rayons sont bien parallèles, tout se trouve dans les mêmes conditions que lorsqu'on fait usage de la lumière solaire, et le système éclaireur de l'appareil micrographique n'aura à subir aucune modification. Cependant il est utile d'en changer légèrement la disposition en supprimant le condensateur D, et faisant servir au même usage la lentille convexe de la lanterne ; il suffit pour cela de l'éloigner des tiges de charbon de manière à transformer le faisceau parallèle en un faisceau convergent que l'on reçoit sur le miroir même du microscope. On a ainsi l'avantage de supprimer une lentille, ce qui augmente toujours un peu l'intensité de la lumière.

Dans les conditions qui précèdent, l'impression photographique des plaques sensibles est extrêmement rapide, et l'on fera usage avec succès de tous les procédés qui conviennent à l'emploi des rayons solaires. L'éclairage électrique possède même sur ce dernier l'immense avantage d'une grande constance, tandis que l'intensité de la lumière du soleil éprouve des variations notables selon beaucoup de circonstances, telles que la pureté de l'atmosphère, la hauteur de l'astre au-

dessus de l'horizon, etc. Ces diverses causes, qu'il est très-important d'apprécier, exigent, de la part de l'opérateur, une certaine habitude qui ne s'acquiert que par une longue habitude.

Lumière du magnésium. — Après la lumière électrique, celle qui se prête le mieux aux expériences photographiques est celle que produit la combustion du magnésium. Ce nouveau moyen d'éclairage, introduit depuis peu dans le domaine de la photographie, est destiné, à cause de la facilité de son emploi, à rendre de très-grands services toutes les fois qu'il sera nécessaire de suppléer à la lumière naturelle ; il ne paraît pas douteux que son application à la micrographie ne soit extrêmement avantageuse, dès que le métal pourra être obtenu dans des conditions d'économie qui permettent d'en généraliser l'usage. Il résulte en effet des recherches de M. Bunsen que l'action photochimique du soleil n'est que trente-six fois plus considérable que celle d'une flamme de magnésium produite par la combustion d'un décigramme environ de métal par minute. On peut encore augmenter l'intensité lumineuse avec la même dépense en faisant brûler, comme on l'a récemment proposé,

une tresse composée de deux fils de magnésium et d'un fil de zinc; ce dernier métal, dont le prix est relativement nul, brûle parfaitement à la température élevée produite par la combustion du premier, et augmente d'un tiers environ la puissance de la lumière. Un précieux avantage de ce mode d'éclairage, en dehors de son intensité, est de donner un point lumineux d'une très-petite étendue, comme le fait la lumière électrique; cette condition est de la plus haute importance toutes les fois qu'il s'agit d'appliquer une source artificielle à des appareils de projection.

Il est indispensable, on le conçoit, de maintenir le point métallique en ignition à une hauteur fixe et invariable pendant toute la durée des expériences. On a construit dans ce but des lampes munies d'un mécanisme spécial, consistant en un mouvement d'horlogerie qui déroule d'une manière régulière le fil de magnésium enroulé sur une bobine, de façon que son extrémité se trouve constamment dans l'axe d'un miroir réflecteur. Mais, bien que fonctionnant d'une manière assez satisfaisante pour des conditions déterminées, les régulateurs affectés à ce mode d'éclairage laissent encore beaucoup à désirer et exigent de nombreux perfectionnements

pour que la lumière du magnésium entre régulièrement dans la pratique. Il est très-difficile de régler le mouvement d'une manière assez uniforme pour que la vitesse qu'il communique aux fils soit égale à la rapidité avec laquelle ils brûlent ; à cela vient encore s'ajouter un manque d'homogénéité du métal qui rend sa combustion peu régulière. Aussi le point lumineux n'a-t-il jamais une fixité absolue, et ce n'est que par intermittences qu'il coïncide avec l'axe du système éclaireur; il en résulte nécessairement de l'incertitude dans l'appréciation de la durée de la pose. Malgré ces imperfections, nous avons pu obtenir, par ce moyen, de belles épreuves photographiques dans un temps dix à quinze fois plus considérable seulement que ne l'aurait exigé l'emploi des rayons solaires. Il est inutile d'ajouter que la lampe devra être disposée dans une lanterne analogue à celle qui sert à l'éclairage électrique, de manière à concentrer et à diriger convenablement le faisceau lumineux.

Quoi qu'il en soit, la flamme du magnésium mérite un rang important parmi les sources de lumière artificielle. Douée à la fois d'un grand pouvoir éclairant et d'une puissante activité chi-

mique, elle se recommande surtout parce qu'elle n'exige aucune installation embarrassante, et si son prix est encore assez élevé, elle n'entraîne du moins aucune dépense inutile, puisqu'il est toujours facile de limiter la durée de l'éclairage au temps toujours très-court d'une expérience.

Lumière de Drummond. — Cette source de lumière, produite par la combustion d'un mélange d'oxygène et d'hydrogène dirigé sur un cylindre de chaux vive ou de magnésie, s'applique aussi avec avantage aux opérations photographiques. Son action chimique est loin cependant d'être en rapport avec son pouvoir éclairant, ce qui est dû à la prédominance des rayons jaunes et rouges sur les rayons bleus et violets. Aussi, à intensité égale, exige-t-elle une durée d'impression plus considérable que la flamme du magnésium.

Plusieurs modifications ont été proposées pour la production de la lumière de Drummond, et quelques-unes méritent une attention particulière à cause des simplifications qu'elles réalisent. C'est ainsi que l'hydrogène peut être remplacé par le gaz de l'éclairage, qu'on se procure toujours aisément et qui a généralement, le soir, une pression suffisante pour

alimenter l'appareil; on évite ainsi l'emploi d'un gazomètre, celui qui doit fournir l'oxygène restant seul nécessaire. On obtient, il est vrai, par ce moyen une lumière un peu moins intense que par l'emploi de l'hydrogène pur, mais cette perte est largement compensée par la plus grande simplicité des opérations. On a également proposé de placer le cylindre de chaux dans la flamme produite par la combustion d'une solution alcoolique d'essence de térébenthine, et de diriger ensuite un courant d'oxygène sur la substance. D'après plusieurs déterminations photométriques, l'intensité de cette lumière serait presque égale à ce que l'on obtient dans les conditions normales de l'expérience.

Gaz, pétrole. — Enfin, la lumière du gaz ou d'une bonne lampe à huile de pétrole peut également être utilisée dans les cas où l'on ne doit faire usage que d'une faible amplification. La principale difficulté consiste dans ces cas à obtenir une flamme bien éclairante et d'une étendue aussi petite que possible, afin que tous ses points se trouvent sensiblement au foyer de la lentille qui reçoit les rayons lumineux. Cette condition, que réalisent assez bien les modes d'éclairage indiqués plus haut, ne

saurait être remplie d'une manière rigoureuse avec les lampes à gaz ou à pétrole ; cependant on obtient encore des résultats satisfaisants si l'on ne dépasse pas l'objectif n° 3 de M. Nachet, mais la durée de l'impression photographique sera nécessairement très-longue, et l'opération exige le plus souvent l'emploi des procédés les plus rapides. On augmente d'une manière très-considérable l'intensité de l'éclairage au pétrole en dirigeant un courant d'oxygène dans l'intérieur d'une flamme circulaire ; la lumière devient alors extrêmement vive et se rapproche beaucoup par son éclat de celle de Drummond ; mais la préparation de l'oxygène étant le principal obstacle à l'emploi de cette méthode, il sera préférable, quand on pourra disposer de ce gaz, de l'appliquer à la production de l'éclairage de Drummond, qui possède une supériorité incontestable.

CHAPITRE III.

EMPLOI DE LA LUMIÈRE POLARISÉE.

Les applications de la lumière polarisée à la micrographie présentent encore aujourd'hui un intérêt

assez médiocre et sont plutôt remarquables par la beauté des résultats qui se produisent que par leur utilité pratique. A l'exception d'un nombre de cas très-restreints, les observations microscopiques faites dans ces conditions n'ont pas en effet rendu à la science les services qu'elles semblaient lui promettre, et la photographie ne peut retirer qu'un plus faible profit encore de l'emploi de pareils moyens. La plupart des phénomènes de polarisation consistent dans des colorations plus ou moins brillantes de certains objets; or, dans l'état actuel de nos connaissances, la photographie est impuissante à reproduire de semblables effets et elle ne donnera le plus souvent à cet égard qu'une pâle copie bien éloignée de la réalité. Dans quelques circonstances cependant, elle est appelée à rendre quelques services en signalant des différences très-manifestes qui, sans reproduire fidèlement les apparences, pourront jusqu'à un certain point rendre compte des phénomènes; d'autres fois, enfin, la reproduction sera assez exacte pour laisser peu de chose à désirer; c'est ce qui arrive par exemple pour l'étude des différentes espèces de fécules dont les divers aspects sont indiqués par la photographie d'une manière très-satisfaisante. Il est donc indis-

pensable de donner ici quelques détails pratiques sur l'emploi de la lumière polarisée.

Tout appareil de polarisation se compose de deux parties bien distinctes, le polariseur et l'analyseur. Le premier consiste toujours en un petit prisme de Nicol qui s'ajuste entre l'objet et le miroir, à la place de l'éclaireur de Dujardin. Il est très-avantageux de pouvoir installer au-dessus de ce prisme l'éclairage de Dujardin lui-même; il aidera à concentrer la lumière qui manque ordinairement dans les expériences de ce genre. La disposition de l'analyseur varie suivant les microscopes; dans les appareils de M. Nachet, cette pièce consiste le plus souvent en un prisme biréfringent de spath d'Islande qui se place au-dessus de l'oculaire; un petit écran ou un diaphragme permet d'éliminer une des deux images données par le prisme pour n'en faire arriver qu'une seule à l'œil de l'observateur. Cette disposition, qui présente quelques avantages pour l'étude, convient très-mal aux expériences de photographie, parce qu'elle rétrécit d'une manière considérable le champ de l'instrument. D'autres fois le même constructeur fait usage d'un second prisme de Nicol, également placé au-dessus de l'oculaire; l'observation devient ainsi beaucoup plus aisée, et cet analyseur, placé

dans une position convenable, se prête parfaitement aux projections. Enfin, dans les microscopes de Oberhaueser et de quelques autres fabricants, l'analyseur, au lieu d'être ajusté sur l'oculaire, se trouve immédiatement au-dessus de l'objectif. Il consiste, comme le précédent, en un prisme de Nicol, dont la section pourra être d'autant plus petite qu'il sera plus rapproché de l'objectif; cette disposition est la seule applicable à la photographie. On conçoit en effet qu'il est, avant tout, nécessaire que les rayons émanés de l'objectif traversent en totalité l'analyseur pour que les phénomènes de polarisation se produisent d'une manière régulière; or, les rayons émergents formant un cône plus ou moins ouvert selon la puissance de l'objectif, il y aura tout avantage à rapprocher le plus possible l'analyseur de sa surface postérieure; sans cette précaution, on devrait faire usage de prismes de Nicol d'une très-grande dimension, ce qui serait aussi dispendieux que difficile à réaliser.

La coupe représentée figure 17 indique la disposition de l'appareil. Le polariseur P porte à sa partie supérieure le concentrateur de Dujardin et reçoit de la lumière déjà rendue convergente par la première lentille de l'appareil d'éclairage. L'analy-

seur est situé en A dans le corps même du microscope. L'instrument sera ensuite, selon les cas,

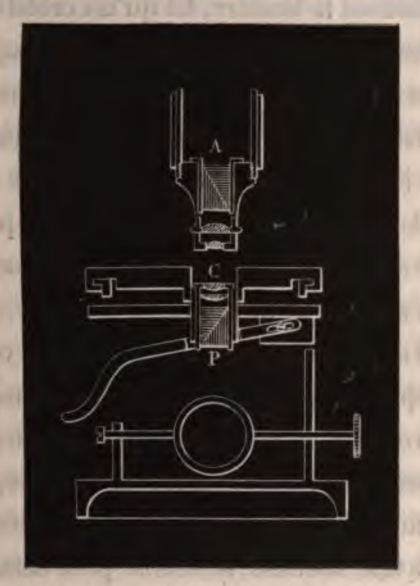


FIG. 17. — Appareil de polarisation.
A. Analyseur. — B. Polariseur. — C. Éclaireur de Dujardin.

adapté à l'une des installations qui seront décrites plus loin.

Les effets de polarisation ne se produisent, comme on le sait, que lorsque le polariseur et l'analyseur occupent l'un par rapport à l'autre une position déterminée; lorsque, par exemple, leurs sections principales font entre elles un angle droit;

toute lumière est éteinte et le champ du microscope paraît obscur. Si l'on place alors sur la platine un objet polarisant la lumière, tel qu'un cristal n'appartenant pas au système cubique, celui-ci apparaîtra vivement éclairé sur un fond complétement noir. Si l'on fait tourner l'un des deux prismes de manière à changer la position relative des sections principales, le champ s'illumine peu à peu pour atteindre son maximum d'intensité lorsque le plan des deux sections coïncide.

On ne devra jamais choisir pour une opération photographique le point d'extinction complète de la lumière; une épreuve obtenue dans de pareilles conditions serait toujours dure et indécise, mais il sera facile de trouver une position convenable où le fond aura une intensité suffisante pour détacher les contours de l'objet sans que l'effet produit par la polarisation en souffre d'une manière sensible ; l'inspection de l'image indiquera facilement le point où il convient de s'arrêter.

Comme on le voit par ce qui précède, il est indispensable de pouvoir changer facilement la position relative des deux prismes, ce qui rend assez nécessaire l'emploi des microscopes à platine tournante. Celle-ci entraînant, dans son mouvement

de rotation, tout le corps de l'instrument en laissant le polariseur immobile, il devient facile d'obtenir une orientation convenable des deux sections principales. On pourrait cependant suppléer à cette disposition en faisant tourner le polariseur, ce qui est toutefois beaucoup moins commode, à moins que l'appareil n'ait été construit spécialement pour cet objet.

Enfin, on peut dans bien des circonstances tirer un très-utile parti de la lumière polarisée pour obtenir certains effets d'éclairage auxquels il serait difficile d'arriver par d'autres moyens. C'est ainsi que beaucoup de corpuscules calcaires ou siliceux qui, par leur nature même, possèdent la propriété de polariser la lumière, restent très-vivement éclairés sur un fond noir lorsque l'éclairage du fond est complétement éteint; il en résulte une apparence tout à fait analogue à celle que produit un éclairage par dessus ou à celle que donne le petit cône dont il a été question à propos des objets opaques; cette disposition est très-convenable pour la reproduction des spicules calcaires des spongiaires et des polypiers, qui se dessinent souvent plus nettement sur un fond obscur que sur un fond lumineux; elle se prête encore à d'autres cas qu'il est

impossible de préciser à priori, la constitution intime de l'objet jouant un rôle essentiel dans la question.

CHAPITRE IV.

DES APPAREILS PHOTOGRAPHIQUES.

Le microscope, considéré comme instrument photographique, n'est autre chose, comme on l'a déjà vu, qu'une chambre noire munie d'un objectif à très-court foyer, près duquel se trouve placé l'objet. L'image qui se forme au foyer conjugué est nécessairement agrandie, et le grossissement est d'autant plus considérable que l'objet se rapproche davantage du foyer de la lentille. On voit, d'après cela, que, pour un objectif déterminé, l'amplification augmentera avec la longueur de la chambre noire; ou que celle-ci restant constante, elle variera inversement à la longueur focale de l'objectif. Il semble donc, au premier abord, qu'il ne doive pas y avoir de bornes au grossissement que l'on peut atteindre, et la solution du problème paraît de la plus grande simplicité. Il est toutefois une limite que l'on ne saurait dépasser sans compromettre la netteté

des images photographiques. Leurs contours deviennent de plus en plus confus à mesure qu'on augmente la longueur de la chambre noire, et en même temps l'intensité de la lumière diminue, de sorte qu'il devient impossible de produire une image nette lorsqu'on veut exagérer l'amplification. C'est à une pareille cause qu'il faut attribuer les reproches immérités dont a été si souvent l'objet la photographie dans ses applications à la micrographie; ces reproches ne sauraient s'adresser qu'à des épreuves mal réussies, dont il eût été facile d'éviter les défauts, si l'on n'eût voulu aller au delà de la puissance des appareils.

On peut cependant, par un artifice bien simple, reculer d'une manière très-notable les limites qu'impose l'emploi des appareils ordinaires, et joindre à une très-grande netteté les avantages d'une amplification considérable. Cet artifice consiste à obtenir d'abord un dessin photographique d'une très-petite dimension que l'on amplifie ensuite par des procédés spéciaux qui tendent aujourd'hui à s'introduire d'une manière générale dans les ateliers de photographie. On arrive aisément ainsi à produire des images dont la netteté surpasse de beaucoup celle que donnerait une amplification

directe, et le matériel nécessaire au micrographe se trouve réduit à quelques instruments peu volumineux, dont le maniement ne présente aucune difficulté sérieuse.

La disposition des appareils doit varier, on le conçoit, selon qu'on adoptera l'un ou l'autre de ces systèmes, et il est nécessaire d'indiquer ici avec détails les divers modes d'installation qui doivent être adoptés dans chacun de ces cas. Dans les instruments qui vont être décrits, on a cherché à réaliser avant tout les dispositions les plus simples et les plus pratiques, mais chacune d'elles pourra être l'objet de bien des modifications difficiles à prévoir, et liées aux ressources particulières qui seront à la portée de chaque opérateur.

On supposera, dans tout ce qui va suivre, que l'objet à reproduire a déjà été convenablement éclairé pour ne s'occuper que du jeu des appareils et de la mise au point de l'image. On fera également abstraction pour le moment de tout ce qui est relatif aux procédés photographiques. Cette dernière question sera traitée d'une manière complète dans un des chapitres suivants.

1° Appareils à petites épreuves.

La disposition la plus simple, peut-être même la plus parfaite et la plus commode, est celle qui permet de photographier la préparation à une distance de l'objectif ne dépassant pas la longueur du tube du microscope. Tout l'appareil se réduit alors à un petit châssis destiné à recevoir la plaque sensible, et qui se fixe sur l'instrument à la place de l'oculaire. Ce châssis, représenté figure 18, ne diffère pas essentiellement, dans sa

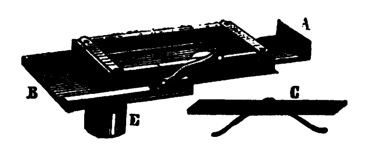


FIG. 18. — Châssis à deux épreuves.

A. Porte à coulisse. — B. Platine de cuivre recevant le châssis. — C. Porte postérieure munie d'un ressort.— E. Tube s'engageant dans le corps du microscope.

construction, de ceux qui servent à la production des épreuves stéréoscopiques ordinaires. Il se compose d'un cadre de bois, ou mieux de cuivre, qui reçoit intérieurement une glace de 9 centimètres

de longueur sur 4 de largeur (1). Sa face antérieure porte deux plaques de cuivre A, glissant à frottement doux dans des coulisses métalliques, et qui ont pour usage de découvrir séparément les portions de la plaque sensible qui doit recevoir l'image. Une lame de cuivre mince C, munie d'un ressort, s'ajuste derrière le châssis de manière à mettre la plaque à l'abri de la lumière, et à la maintenir dans une position invariable contre quatre taquets d'ivoire.

Ce châssis s'engage entre deux coulisses métalliques fixées sur une platine de cuivre B, parfaitement dressée. Celle-ci est percée au centre d'un trou circulaire de 2 centimètres de diamètre, et porte inférieurement un tube E, dont les dimensions sont celles des oculaires du microscope. Enfin, un petit ressort F, fixé sur la platine, s'engage par

(1) La grandeur de cette glace n'a pas été adoptée d'une manière arbitraire. Elle présente une dimension commune avec les verres qui se trouvent dans le commerce sous le nom de quarts de plaque ($0^m,09$ sur $0^m,12$) et de plaques stéréoscopiques ($0^m,09$ sur $0^m,18$). Il suffit donc de les couper par bandes de 4 centimètres de largeur pour se procurer les glaces de cet appareil. Cette division peut même, dans certains cas, se faire après la préparation photographique de la plaque, ce qui abrége beaucoup la durée des opérations.

son extrémité dans des ouvertures ménagées sur une des faces latérales du cadre, ce qui permet de faire coïncider exactement les ouvertures du châssis avec celle de la platine.



FIG. 19. — Appareil complet à deux épreuves.

A. Châssis substitué à l'oculaire. — B. Appareil d'éclairage. — C. Position du collier destiné à fixer le corps du microscope.

La figure 19 montre l'appareil photographique en place sur un microscope. L'instrument est main-

tenu dans une position invariable sur une planchette qui peut être fixée elle-même sur la table au moyen d'un boulon. Une règle horizontale B reliée à la planchette reçoit les diverses pièces de l'appareil éclaireur.

Dans le cas où l'on ferait usage d'un microscope à tambour, le pied circulaire de l'instrument devrait s'engager dans un anneau métallique, fixé au centre de la tablette de manière qu'on puisse imprimer facilement à l'appareil un mouvement de rotation autour de son axe vertical. Enfin, il est à peu près indispensable que le corps du microscope soit d'une seule pièce, afin d'éviter le défaut de stabilité d'un corps composé de tubes à coulisse, ce qui pourrait modifier la mise au point pendant les diverses opérations. Il est également essentiel que le corps entre à frottement dur dans le tube fixe C; si le glissement se faisait avec trop de facilité, il faudrait placer en ce point un collier de cuivre, muni latéralement d'une vis de pression, afin de le maintenir dans une position invariable après la mise au foyer.

Une des plus grandes difficultés qui se présentent dans la photographie des objets microscopiques est, sans contredit, la mise au point de

l'image. Dans cet appareil, cette opération délicate, s'effectuant à l'aide d'un oculaire, comporte, on le comprend, une très-grande précision. Dans un microscope composé, l'objet que l'on étudie donne une image réelle qui se forme entre les deux lentilles de l'oculaire; cette image est ensuite amplifiée par la lentille supérieure qui remplit, par rapport à l'œil, le rôle d'une simple loupe. Il s'agit donc, pour obtenir une image photographique d'une grande netteté, de donner à la couche impressionnable une position telle que sa surface coïncide exactement avec le point où se fait l'image dans l'oculaire, ou, ce qui revient au même, de chercher quelle position doit occuper l'oculaire pour que l'image coïncide avec la plaque. On pourrait arriver à ce résultat par quelques tâtonnements, mais il est plus simple d'opérer avec méthode : on atteindra ainsi le but plus rapidement et avec plus de sûreté.

La plaque sensible est remplacée dans le châssis par une lame de verre présentant des traits extrêmement fins, un micromètre divisé en dixièmes de millimètre par exemple (1). On dispose provisoi-

(1) Une glace collodionnée sur laquelle on a produit de légères éraillures à l'aide d'un pinceau un peu rude convient assez bien pour cet usage.

rement alors au-dessus de tout l'appareil une forte loupe, ou mieux un microscope grossissant vingt fois environ, de manière à pouvoir mettre exactement au point les divisions du micromètre. On place ensuite sur la platine de l'instrument un objet présentant quelques détails très-délicats, et on les met au foyer en les observant avec le microscope supérieur. Après quelques tâtonnements, on trouvera toujours une position des deux instruments pour laquelle on verra nettement à la fois l'objet et les divisions; on est alors certain que l'image coïncide exactement avec la surface du micromètre. Après cette première opération, on enlève le microscope supérieur et l'on remplace le châssis par un oculaire. L'image n'est généralement pas nette dans la situation normale de celui-ci, mais en le soulevant un peu, sans toucher à la vis du microscope, on trouvera un point qui est celui qu'il devra définitivement occuper; il suffit alors de fixer par un moyen quelconque l'oculaire dans cette nouvelle position, qui sera déterminée une fois pour toutes. Il faut cependant remarquer que cette hauteur ne peut convenir à tous les oculaires, et l'on devra la déterminer pour chacun de ceux qui devront servir à la mise au foyer.

La disposition suivante, à la fois simple et commode, permet de faire avec facilité cette détermination, et de retrouver avec exactitude les positions qui conviennent à chacun des oculaires. Ceux-ci sont reçus dans un tube de cuivre AB (fig. 20) de 2 centi-

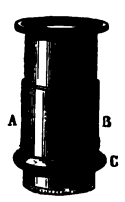


Fig. 20. — Oculaire disposé pour la mise au point.

mètres de longueur environ, où ils entrent à frottement dur. Ce tube porte inférieurement un rebord C qui repose sur le corps du microscope; de plus, il est percé dans sa partie moyenne d'une fenêtre dont l'un des bords porte une graduation. Enfin, un trait de repère tracé sur l'oculaire indique la hauteur qu'il doit occuper dans le tube. Il s'agit donc de déterminer, par l'expérience précédente, à quelle division de la graduation doit correspondre la ligne de repère pour qu'on puisse toujours se placer dans des conditions identiques.

Il arrive cependant que la mise au point, effec-

tuée par les moyens qui viennent d'être indiqués, ne donne pas toujours à la photographie une image d'une netteté absolue. Cela ne tient pas, comme on pourrait le croire, à un défaut de précision dans l'emploi de cette méthode, mais bien à un vice quelquefois inhérent à la nature des objectifs microscopiques. Ces derniers sont construits, en effet, dans les conditions les plus favorables à l'observation, sans qu'on ait eu à se préoccuper de celles qui convenaient le mieux aux opérations photographiques ; en un mot, ils sont achromatisés pour les rayons les plus lumineux, au lieu de l'être pour ceux qui possèdent la plus grande activité chimique. Il en résulte qu'ils possèdent presque toujours ce que l'on nomme un foyer *chimique* ou *actinique*, c'est-à-dire que l'image susceptible d'impressionner la plaque sensible ne se fait pas au même point que l'image lumineuse. Cette différence entre les foyers chimique et visuel est d'autant plus grande, que la longueur focale de l'objectif est plus considérable, de sorte qu'elle deviendra d'autant plus sensible, que l'on opérera à un moindre grossissement.

L'oculaire mobile qui vient d'être décrit permet d'effectuer par quelques tâtonnements cette correction ; mais il est beaucoup plus simple et plus ri-

goureux d'avoir recours à un autre moyen qui sera indiqué plus loin, et qui repose sur l'emploi d'une lumière monochromatique. Dans tous les cas, on devra étudier à ce point de vue chacun des objectifs dont on se propose de faire usage; il n'est d'ailleurs pas rare d'en rencontrer dans lesquels les deux foyers coïncident d'une manière presque absolue.

Ces opérations préliminaires une fois effectuées, la manœuvre de l'appareil devient fort simple. Après avoir convenablement éclairé l'objet, on met son image au point, et l'on intercepte provisoirement par un écran la lumière qui tombe sur la lentille D (fig. 19); on substitue ensuite à l'oculaire l'appareil photographique, et l'on découvre l'ouverture du châssis qui correspond au tube du microscope, en évitant de changer la mise au point par une secousse imprimée à l'instrument. Il suffit alors de supprimer l'écran, pour que l'image vienne impressionner la plaque sensible, et l'on arrête l'opération quand la durée de la pose a été jugée convenable. Quant au temps nécessaire à la production d'une bonne épreuve, il est impossible de le préciser ici; il peut varier depuis l'instantanéité absolue jusqu'à plusieurs minutes, selon l'intensité et la nature de la lumière,

la longueur focale de l'objectif, le procédé photographique employé, etc. ; toutes ces questions seront traitées dans le chapitre consacré aux opérations photographiques.

On obtient par ce moyen deux épreuves négatives sur la même glace, et si l'objet à reproduire présentait des détails extrêmement délicats, il est le plus souvent impossible de les apercevoir à l'œil nu ; mais examinée au microscope, sous un grossissement de 20 à 30 diamètres, l'image apparaît avec une netteté extraordinaire. C'est ainsi qu'une épreuve du *Pleurosigma angulatum* obtenue dans cet appareil avec l'objectif n° 5 de M. Nachet présente, lorsqu'on l'examine au microscope, les diverses stries que se croisent à sa surface avec une netteté et une dimension de beaucoup supérieures à celles que sont susceptibles de fournir les meilleurs microscopes munis des objectifs et des oculaires les plus puissants.

Ces épreuves suffiront dans bien des cas, malgré leur petite dimension, aux micrographes qui ne tiennent qu'à conserver le souvenir de préparations microscopiques fugaces, qui ne sauraient se conserver sans altérations. Souvent même il sera avantageux d'obtenir des images encore plus réduites,

afin d'embrasser, en les examinant au microscope, une plus grande portion de la préparation dans le champ de l'instrument; il suffirait, pour cela, de placer le châssis à une moindre distance de l'objectif, c'est-à-dire d'opérer avec un corps beaucoup plus court. On ne devra pas oublier que, dans ces nouvelles conditions, il devient indispensable de déterminer la position que devra occuper l'oculaire pour la mise au foyer.

Dans le plus grand nombre des cas cependant, il est nécessaire de transformer ces épreuves en images positives agrandies. Cette amplification s'effectue, comme on le verra plus loin, avec assez de facilité et à l'aide d'appareils peu compliqués. Mais comme les grandissements tendent à prendre tous les jours dans le domaine de la photographie une place de plus en plus importante, il sera souvent préférable, pour le micrographe peu initié aux manipulations photographiques, de s'adresser à des hommes de l'art qui sont aujourd'hui généralement au courant de ce genre de reproductions. En se bornant ainsi à la formation des images négatives, le micrographe pourra tirer le plus utile parti de cet appareil. Il est, comme on le voit, réduit à sa plus grande simplicité, et n'est

guère plus embarrassant que le microscope lui-même; enfin sa manœuvre n'exige que peu de connaissances dans l'art de la photographie. Le commerce livre aujourd'hui des plaques sensibles toutes préparées, qui se conservent pendant plusieurs mois sans altération, de sorte que, à la rigueur, tout se réduit au développement de l'image, opération très-simple en elle-même et n'exigeant qu'un matériel insignifiant.

Quant au grossissement que possèdent les épreuves obtenues dans cet appareil, il est toujours peu considérable, et dépend essentiellement de la longueur du corps du microscope, variable avec les divers instruments; de plus, les objectifs d'un même numéro, construits par un même fabricant, ne possèdent pas toujours le même pouvoir amplifiant; enfin, les numéros adoptés par les divers constructeurs sont loin de se correspondre, de sorte qu'il est impossible de rien préciser ici à cet égard. On indiquera plus loin la méthode à suivre pour mesurer avec exactitude les amplifications que produisent les divers objectifs, ainsi que les grossissements moyens correspondant aux microscopes les plus usités en France.

L'appareil qui vient d'être décrit, très-conve-

nable pour les exigences habituelles de la micrographie, peut subir une modification avantageuse, applicable aux cas où l'on aurait à exécuter un très-grand nombre de reproductions. Le petit châssis à deux épreuves sera alors remplacé par un appareil semblable, mais de plus grande dimension, permettant d'obtenir six ou huit images sur la même plaque.

La figure 21 montre la disposition d'un semblable châssis construit pour une glace de 9 centimètres



Fig. 21. — Châssis permettant d'obtenir six images sur même plaque.

sur 12, et qui peut recevoir six épreuves (1). Sa disposition ne diffère pas essentiellement de celle de l'instrument décrit plus haut. L'appareil peut être entièrement construit en bois, à l'exception des

(1) Un châssis semblable construit pour une glace stéréoscopique reçoit aisément huit images.

six portes à coulisse A, qu'il est préférable de faire de cuivre, afin de diminuer son épaisseur. Enfin, les deux coulisses latérales BB, qui le fixent sur la platine, doivent également être de métal, pour se prêter à un ajustement plus parfait.

Ce châssis serait trop lourd, et surtout trop volumineux, pour qu'il soit possible de le fixer,



FIG. 22. — Appareil complet à six épreuves.

AA. Colonnes de bois ou de cuivre supportant la tablette B. — C. Châssis. — D. Appareil éclaireur.

comme le précédent, sur le corps même du microscope. Aussi est-il indispensable d'avoir recours à

des précautions particulières, qui permettent d'effectuer toutes les manœuvres sans ébranler l'instrument et en compromettre la solidité. La figure 22 montre une des dispositions les plus commodes.

Quatre colonnettes AA, de bois ou de cuivre, supportent une planchette B, percée en son centre d'une ouverture circulaire de 2 centimètres de diamètre. Le châssis C vient s'appliquer sur cette platine, où il est maintenu par deux coulisses métalliques, disposées de telle façon que les six ouvertures du châssis peuvent se présenter successivement au-dessus de celle de la platine. Un ressort, dont l'extrémité s'engage dans des ouvertures convenablement disposées en assure la coïncidence.

A sa partie inférieure, la tablette est munie d'un tube de cuivre qui s'engage dans le corps du microscope. Ce tube est noirci intérieurement, et porte un diaphragme de 15 à 18 millimètres, fixé à son extrémité inférieure. Il est facile, par ce moyen, d'éliminer d'une manière complète la lumière extérieure, qui pourrait impressionner la plaque sensible. On adoptera ici avec avantage les corps de microscope à tube rentrant, qui rendent facile l'occlusion parfaite de l'instrument. Enfin, les colonnettes sont reliées inférieurement par

une planchette de bois qui supporte le microscope en même temps que les diverses pièces de l'appareil éclaireur.

Cette disposition peut être modifiée de bien des manières, au gré de chaque opérateur. C'est ainsi qu'il est aisé de la rendre complétement indépendante du microscope. Il suffit, pour cela, de percer la planchette inférieure d'une ouverture assez grande pour recevoir le pied de l'instrument. Tout l'appareil photographique s'enlève alors d'une seule pièce pendant les observations, et l'on en coiffe ensuite le microscope au moment de photographier l'image.

On peut aussi rendre sa hauteur variable, en construisant les colonnes avec des tubes de cuivre entrant l'un dans l'autre. Cette modification permet de faire varier à volonté, et dans certaines limites, le grossissement pour un même objectif. Mais une condition essentielle qu'il ne faut jamais perdre de vue, c'est la stabilité de l'instrument, qui devra, dans tous les cas, être solidement fixé sur la table de travail.

Quant à la manœuvre de l'appareil, elle est tout à fait identique avec celle du premier. La mise au point s'effectue à l'aide d'un oculaire qui s'ajuste

dans le trou de la platine supérieure, en observant toutes les précautions déjà indiquées.

Cette disposition paraîtra, au premier abord, moins commode que la première qui a été décrite, mais elle possède le grand avantage d'établir une indépendance complète entre le microscope et l'appareil photographique, de sorte qu'on n'a jamais à craindre d'altérer la mise au point pendant les diverses opérations. Enfin, s'il suffit ordinairement de produire deux images sur la même plaque, il est quelquefois très-utile de pouvoir en obtenir un plus grand nombre. C'est ce qui arrive, par exemple, dans la reproduction des animalcules vivants que l'on doit photographier instantanément. Dans ce cas, la préparation se trouvant animée d'un mouvement continuel, le hasard joue, on le conçoit, un grand rôle, soit dans la mise au point, soit dans le choix de l'objet; il y a alors tout avantage à former très-rapidement un grand nombre d'épreuves, et cet appareil devient d'un usage presque indispensable.

2° Appareils à amplification directe.

Les deux instruments qui viennent d'être décrits ne peuvent servir, comme on l'a vu, qu'à la for-

mation d'images extrêmement petites, qui doivent, dans le plus grand nombre des cas, être l'objet d'une nouvelle amplification. Il est cependant quelquefois préférable, lorsque l'objet à reproduire n'exige pas un grossissement supérieur à 200 ou à 300 diamètres, d'obtenir du premier coup ce grandissement définitif : on abrége de beaucoup ainsi les manipulations photographiques, puisqu'une seule épreuve suffit pour obtenir le résultat final; mais en même temps on complique les appareils, et l'on augmente, d'une manière souvent embarrassante, le matériel nécessaire à ces opérations. Aussi l'usage de cette méthode n'est-il à recommander qu'aux personnes déjà familiarisées aux manœuvres de la photographie. Les appareils ordinaires pourront, avec quelques légères modifications, être utilisées pour ces reproductions, qui sont fort belles lorsqu'on ne dépasse pas des limites convenables de grossissement.

La disposition la plus simple est celle qui est représentée figure 23. Analogue, dans ses parties essentielles, à celles qui ont été déjà indiquées, elle n'en diffère que par la plus grande dimension de l'appareil, et par la manière dont s'effectue la mise au foyer. Le microscope et l'ap-

pareil d'éclairage sont assujettis sur une table basse et solide; trois règles de bois AA, portant



Fig. 23. — Appareil vertical.

AA. Règles à coulisse supportant la chambre noire. — B. Allonge à ouverture latérale. — C. Porte de la rallonge. — D. Glace dépolie.

une rainure dans les deux tiers de leur longueur, sont fixées sur cette table, et maintiennent dans une

position verticale une chambre noire à soufflet de petite dimension. Les boîtes désignées en photographie, sous la dénomination de *demi-plaque*, sont d'un usage très-commode et d'une grandeur plus que suffisante. La longueur de cette chambre noire devra nécessairement être proportionnée au grossissement que l'on veut obtenir.

A la place de la glace dépolie, s'ajuste une rallonge de bois de 20 centimètres de hauteur environ, et munie latéralement d'une porte qui doit, lorsqu'elle est fermée, s'opposer d'une manière complète à l'entrée de toute lumière extérieure. Les châssis et la glace dépolie s'engagent dans une rainure ménagée à l'extrémité de la rallonge.

L'objet à reproduire étant convenablement éclairé, son image se peindra sur la glace dépolie, et l'on pourra la mettre au foyer en regardant en D par-dessus la glace, en même temps qu'on tournera avec une des deux mains la vis du microscope. Cette manière d'effectuer la mise au point est cependant fort incommode, à cause de la longueur de l'appareil, qui se trouve ainsi limitée par la longueur du bras. On a proposé, il est vrai, pour remédier à cet inconvénient, l'emploi d'un système de tiges et de vis de rappel, permettant de manœuvrer à

distance la vis du microscope; mais c'est là une complication peu pratique, qui ne détruit d'ailleurs qu'une partie de la difficulté. L'obstacle le plus sérieux provient de la présence du verre dépoli, dont le grain donne lieu à des phénomènes de diffraction extrêmement gênants, et qui souvent empêchent d'apprécier avec précision la nettcté des objets délicats.

Par l'emploi de l'allonge à porte CB, on remédie du même coup à ces divers inconvénients. La glace dépolie est alors remplacée par une feuille de carton blanc qui en occupe exactement la position, et l'opérateur observe l'image en regardant verticalement en haut dans l'intérieur de la boîte. Si l'objet est vivement éclairé, son image, très-lumineuse, est facilement visible; mais si la lumière est plus faible, il est souvent nécessaire de se couvrir la tête d'un rideau obscur : dans tous les cas, l'image paraît toujours beaucoup plus nette que quand on la reçoit par transmission à travers le verre dépoli, et la mise au point s'effectue avec plus de précision et de commodité.

Cette manière de disposer les instruments est loin cependant de réunir toutes les conditions que l'on est en droit d'exiger dans la pratique. Il est

difficile, en effet, de réaliser ainsi la solidité si nécessaire aux opérations de ce genre ; les moindres vibrations du sol ébranlent toujours plus ou moins l'appareil, ce qui compromet le résultat définitif. Malgré ce grave inconvénient, il est souvent nécessaire d'employer cette méthode, parce qu'elle reproduit la préparation dans son véritable aspect et *sans renversement*, ce qui est parfois très-important dans la photographie des objets qui ne sont pas symétriques, tels, par exemple, que les coquilles des mollusques. Mais ce n'est que dans le cas où l'on devra obtenir des épreuves sur papier par les procédés ordinaires, qu'il est nécessaire d'avoir recours à cette installation. On verra plus loin que par des procédés de tirage spéciaux, on peut à volonté renverser une image négative ; et en adoptant cette méthode, il sera beaucoup plus avantageux d'employer la disposition suivante, qui se prête parfaitement à tous les cas qu'il est possible de prévoir.

La chambre noire est couchée horizontalement sur une table très-solidement construite (fig. 24), où elle se fixe par quelques presses de fer. Elle se compose, comme la précédente, d'une boîte à soufflet demi-plaque, munie postérieurement d'une

allonge à porte, et reçoit antérieurement deux tubes de zinc B, rentrant l'un dans l'autre, qui permettent d'augmenter sans embarras la longueur de



Fig. 24. — Microscope vertical adapté à une boîte horizontale.

A. Allonge antérieure de la boîte. — B. Chevalet servant d'appui au tube A. — C. Tube de cuivre renfermant un prisme à réflexion totale. — D. Microscope. — E. Tablette de bois mobile. — F. Disque tournant supportant le microscope et l'appareil éclaireur. — H. Allonge à porte latérale.

l'appareil. Ces tubes, maintenus par un chevalet de bois B, fixé sur la table, contiennent dans l'intérieur plusieurs diaphragmes destinés à éliminer la

lumière réfléchie sur leurs parois, et portent en avant une pièce de cuivre C qui renferme un prisme à réflexion totale. Un tube vertical réunit le prisme avec le microscope D, dont il coiffe le corps de manière à intercepter complétement la lumière extérieure. La tablette de bois E, disposée sur le devant de la table, peut se fixer à diverses hauteurs par le moyen d'un boulon ; elle supporte le microscope et tout l'appareil éclaireur, assujettis eux-mêmes sur une planchette circulaire mobile F, dont l'axe de rotation coïncide avec celui du microscope.

Les rayons lumineux, après avoir traversé l'objectif, se réfléchissent sur l'hypoténuse du prisme, et donnent ensuite une image de l'objet sur un écran blanc substitué à la glace dépolie. Cette disposition rend extrêmement facile la mise au foyer, même avec une très-longue boîte; dans certains cas cependant, lorsque l'objet à reproduire possède des détails extrêmement fins, il est avantageux de s'aider, pour cette opération, d'une lunette possédant un pouvoir amplifiant de deux à trois fois, et mobile sur un pied vertical fixé sur la table de l'appareil. Il suffit de jeter un voile noir entre l'extrémité de la lunette et l'ouverture de la rallonge,

pour que la mise au point puisse s'effectuer avec la plus grande exactitude. Mais, le plus souvent, cette complication est inutile, et l'œil suffit pour déterminer sûrement la netteté de l'image.

Quant à la disposition du microscope sur la tablette, elle doit varier selon la nature des préparations microscopiques. Celle qui est représentée (fig. 10) est de beaucoup la plus générale, et se prête surtout aux objets qui peuvent être éclairés par transparence. Une condition qu'il est fort important de réaliser ici, consiste à donner au corps de l'instrument la plus petite longueur possible; sans cette précaution, le prisme ne recevrait qu'une portion des rayons émanés de l'objectif, ce qui réduirait beaucoup le champ de l'épreuve. La dimension de ce prisme pourra être d'autant plus faible, que le tube du microscope sera plus court. Avec les appareils de M. Nachet ou d'Oberhauser, dont le corps aura été réduit à la moitié environ de sa longueur normale, un prisme dont les faces perpendiculaires mesurent 18 à 20 millimètres de côté est plus que suffisant pour recevoir toute l'image. Cet instrument accessoire fait d'ailleurs partie d'un grand nombre de microscopes; et, dans tous les cas, il sera facile de se le procurer.

Il existe, comme on l'a vu, des microscopes qui s'inclinent et prennent toutes les positions comprises entre la verticale et l'horizontale. On peut souvent tirer un heureux parti de cette installation particulière, en disposant l'appareil comme

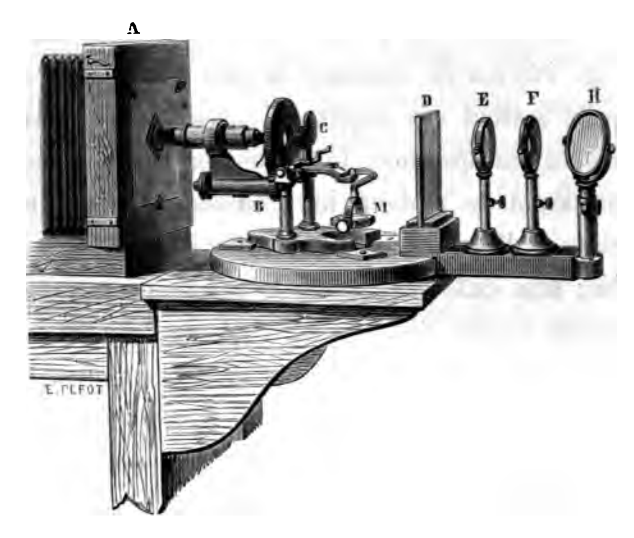


FIG. 25. — Disposition du microscope horizontal.

A. Chambre noire. — B. Microscope. — D, E, F, H. Appareil éclaireur.

l'indique la figure 25. Dans ce cas, on supprime le prisme à réflexion totale, pour le remplacer par une pièce de raccord de cuivre qui s'ajuste dans l'extrémité du corps du microscope, de manière à inter-

cepter la lumière extérieure. Cette modification a l'avantage de reproduire les objets dans leur position normale et sans renversement, mais elle n'est applicable qu'aux préparations qui peuvent être placées sans inconvénient dans une direction verticale. Lorsque les objets sont simplement contenus dans un liquide, on ne saurait y avoir recours; la tendance du liquide à s'écouler produirait infailliblement un déplacement plus ou moins considérable de l'objet, et nuirait ainsi à la sûreté de l'opération.

Un avantage plus sérieux de cette disposition consiste dans l'emploi d'une seule réflexion pour éclairer l'objet; la suppression du prisme et du miroir du microscope, en augmentant d'une manière notable l'intensité lumineuse de l'image, abrége beaucoup la durée de la pose, ce qui est souvent d'une assez grande importance, surtout dans l'emploi des lumières artificielles.

Quand l'objet à reproduire n'exige qu'un très-faible grossissement, et spécialement pour la photographie des objets opaques qui doivent être éclairés par-dessus, il est préférable de fixer l'objectif dans une position invariable, et de faire mouvoir l'objet pour la mise au foyer. Ces conditions sont réalisées par l'appareil représenté figure 26.

L'objectif est vissé sur le tube vertical A qui se trouve au-dessous du prisme, et l'objet est placé

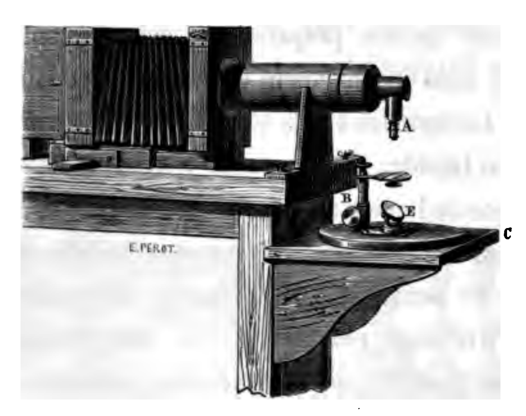


FIG. 26. — Appareil pour la reproduction des corps opaques.

A. Objectif de microscope monté sur le tube vertical du prisme. — B. Tige à crémaillère et à vis micrométrique supportant la platine. — E. Miroir destiné à éclairer le fond. — C. Tablette mobile.

sur le support à crémaillère B. La tablette C est d'abord fixée à une hauteur convenable que l'on détermine une fois pour toutes, et la mise au point s'effectue par le jeu de la crémaillère à mouvement rapide B, et par celui d'un bouton qui fait mouvoir une vis micrométrique.

Cette installation laisse complétement libre, comme on le voit, tout l'espace compris entre l'objet et l'objectif, ce qui permet de manœuvrer avec facilité

les appareils destinés à l'éclairage des corps opaques; mais elle se prête seulement aux cas qui ne demandent qu'une faible amplification.

Enfin, il arrive quelquefois que les objectifs de microscope, même les plus faibles, ont un foyer trop court pour la reproduction de certains objets : ce cas se présente, par exemple, pour la plupart des corps que les micrographes étudient à l'aide de microscopes simples, munis des plus faibles grossissements : tels sont les injections vasculaires, certains insectes qu'il est intéressant d'observer dans leur ensemble, etc. De semblables objets, dont l'amplification ne doit pas dépasser 4 à 5 diamètres, ne sauraient être photographiés à l'aide des objectifs de microscope, et l'on devra alors avoir recours aux instruments usités pour la reproduction des objets ordinaires. Un objectif double à portrait, de petite dimension, est très-convenable pour cet usage (1). L'instrument sera alors disposé derrière

(1) Les objectifs désignés dans le commerce sous la dénomination de 1/4 ou 1/6e de plaque sont ceux qui conviennent le mieux. Il est utile, mais non indispensable, de placer dans l'intérieur un diaphragme de 15 à 20 millimètres de diamètre. Quant au choix de l'instrument, on ne saurait y apporter trop de soin; les objectifs orthoscopiques allemands donnent des résultats très-parfaits.

le prisme, comme le montre la figure 27. La hauteur de la tablette mobile sera déterminée d'après la

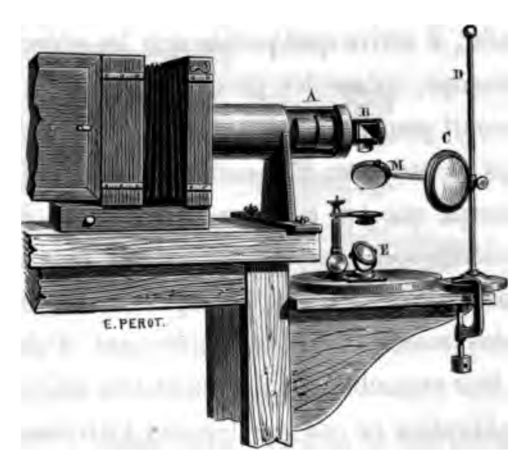


FIG. 27. — Disposition pour les grossissements très-faibles.

A. Objectif photographique à portraits placé dans l'intérieur du tube. — B. Prisme à réflexion totale. — D, C, M. Appareil d'éclairage pour les corps opaques.

longueur focale de l'objectif, et l'objet, placé sur le support, sera mis au point comme dans le cas qui précède.

L'emploi de ce moyen permet d'appliquer la photographie à la reproduction d'objets relativement très-gros, et que le microscope est impuissant à montrer dans leur ensemble. C'est ainsi que des préparations n'ayant pas moins de 15 millimètres

dans leur plus grand diamètre, donnent de très-belles épreuves à un grossissement de trois ou quatre fois. On peut encore reculer ces limites en faisant usage d'appareils à plus long foyer, et reproduire avec une très-grande netteté, à grandeur égale, des objets de plusieurs centimètres, pourvu toutefois que leur épaisseur soit peu considérable par rapport à leurs autres dimensions.

L'ensemble des moyens qui précèdent satisfait, d'une manière complète, à toutes les exigences qui se présentent dans la photographie des objets microscopiques. Ils permettent d'obtenir des amplifications directes d'une grande perfection, dans des limites comprises entre 300 diamètres et la grandeur normale de l'objet, en faisant usage des moyens d'éclairage les plus variés. Chacune des dispositions décrites ci-dessus remplit des indications spéciales, et devra être employée de préférence, selon la nature de l'objet à reproduire. On comprend qu'il est difficile de tracer des règles absolues à cet égard : le meilleur guide sera la pratique et l'expérience; elles permettront en peu de temps à l'opérateur, de choisir le système le plus favorable à chaque cas particulier.

CHAPITRE V.

DES ÉPREUVES STÉRÉOSCOPIQUES.

Divers moyens peuvent être mis en usage pour obtenir, par la photographie, des reproductions stéréoscopiques des objets microscopiques. L'emploi des microscopes binoculaires, qui semblerait, au premier abord, réaliser les conditions les plus favorables aux expériences de cette nature, est loin de se prêter à tous les cas, et le plus souvent même ces instruments sont d'une insuffisance absolue: c'est ce qui arrive, par exemple, pour la reproduction des objets transparents à des grossissements un peu considérables. Il devient alors nécessaire d'avoir recours à une autre méthode qui ne partage pas les inconvénients de ces appareils. Il est toutefois utile de signaler ici les conditions essentielles qui devront être remplies, si l'on avait avantage à se servir des microscopes binoculaires.

1° Emploi des microscopes binoculaires.

On a déjà vu dans le chapitre premier quelles étaient les dispositions générales de ces appareils,

et par quel artifice on obtenait, à l'aide d'un seul objectif, deux images convenables pour la vision stéréoscopique. Parmi les deux microscopes qui ont été décrits, le premier est capable de produire seulement l'effet stéréoscopique; le second, par sa disposition spéciale, donne à volonté le relief ou le creux de l'objet que l'on examine. Ces instruments possèdent, pour la photographie, des avantages et des inconvénients, et l'emploi de chacun d'eux exige des modifications différentes dans les appareils destinés à recevoir l'image.

Microscope stéréoscopique. — La disposition primitive imaginée par M. Nachet présente, au point de vue photographique, l'avantage d'une parfaite symétrie. Les rayons émanés des deux moitiés de l'objectif parcourent un chemin complétement identique, de sorte que les deux images qui se forment sont égales dans leurs dimensions, et de plus elles sont transmises dans des directions parallèles. On peut, à l'aide de cet instrument, obtenir de très-bonnes reproductions photographiques, ainsi que l'a démontré depuis longtemps M. Dubosc. Il suffit de recevoir simultanément ou successivement sur une plaque sensible les images qui traver-

sent chacun des tubes de l'appareil. La double épreuve ainsi obtenue produit, quand on l'examine à l'aide d'un stéréoscope, un puissant effet de relief.



FIG. 28. — Microscope stéréoscopique.

L'usage de ce microscope est loin, toutefois, d'être commode dans la pratique; son installation exige, en effet, un double appareil photographique, et nécessite l'emploi de deux prismes pour diriger

horizontalement les deux images. On pourrait, il est vrai, avoir recours à une chambre noire verticale, et adopter la disposition décrite et figurée page 127, figure 23. Dans ce cas, l'intérieur de la boîte devrait être partagé par une cloison en deux compartiments, comme dans les appareils stéréoscopiques ordinaires. Enfin ce microscope, étan tsusceptible de s'incliner sur son pied, et d'être placé dans une position horizontale, se prête également à la disposition représentée figure 25, qui rend inutile l'emploi des prismes; mais ce moyen est très-souvent embarrassant, en ce qu'il ne convient, comme on l'a vu, qu'à des préparations spéciales. Une dernière manière d'opérer consisterait à photographier successivement chacune des images, en amenant alternativement les deux tubes devant l'ouverture de la chambre noire. Cette manœuvre exposerait malheureusement à un déplacement facile de l'objet; et dans tous les cas, il serait indispensable de modifier, pour chaque épreuve, la disposition de l'appareil éclaireur.

Il est beaucoup plus avantageux, pour faire usage de cet instrument, d'avoir recours au petit châssis double qui a été précédemment décrit, et d'amplifier ensuite les deux images ainsi obtenues. Il suffit, en

effet, de transporter le châssis d'un tube à l'autre, pour produire successivement les deux épreuves, en observant toutefois que les axes des deux images soient rigoureusement parallèles. Pour obtenir sûrement ce résultat, on fixe sur le tube qui supporte le châssis une goupille qui s'engage dans des échancrures convenablement disposées à la partie supérieure des deux corps du microscope. Tout mouvement de rotation devient ainsi impossible, et la coïncidence des axes se trouve nécessairement établie.

Microscope pseudo-stéréoscopique. — Le second modèle d'instrument binoculaire, adopté depuis quelques années par M. Nachet, bien qu'en apparence moins favorable aux reproductions photographiques, présente au contraire, sur le précédent, des avantages qui en rendent l'emploi plus facile et plus commode. Son principal inconvénient consiste dans l'angle que font entre eux les deux corps, ce qui rendrait déjà son installation très-embarrassante pour obtenir directement des épreuves de grande dimension; de plus, les deux images ne se forment pas à la même hauteur dans les deux tubes, à cause du chemin parcouru par une portion des rayons

dans la partie horizontale de l'appareil (1). Il en



FIG. 29. — Microscope pseudo-stéréoscopique.

résulte que les deux glaces sensibles devraient être

(1) On corrige, pour l'observation, cette inégalité de longueur par l'emploi de deux oculaires d'une puissance différente, qui ramènent à des dimensions identiques les images perçues par les deux yeux.

placées sur des plans différents, condition fort difficile à réaliser dans la pratique.

Ces inconvénients, très-sérieux pour la production simultanée des deux images, disparaissent entièrement devant l'avantage que présente le système pseudoscopique dont est pourvu l'appareil. On a vu, en effet, qu'il suffisait de déplacer les prismes intérieurs au moyen du bouton latéral, pour intervertir la direction des rayons émanés de l'objectif, ce qui revient à amener alternativement devant chaque œil l'image droite ou l'image gauche. On pourra donc, en se servant d'un seul tube, photographier successivement chacune de ces images, et toutes les dispositions d'appareils précédemment indiquées seront alors indistinctement employées. Il est seulement nécessaire de veiller à ce que les axes parallèles des deux épreuves coïncident exactement avec l'arête du prisme qui partage l'objectif.

Malgré cet apparente simplicité, les microscopes binoculaires sont loin de rendre les services qu'ils paraissaient devoir promettre. Une des difficultés les plus sérieuses qui se présentent dans leur emploi consiste dans l'éclairage des objets. Lorsqu'il s'agit d'un corps opaque, les résultats qu'ils fournissent

ne laissent certainement rien à désirer; mais il n'en est plus de même pour l'étude des objets transparents. Dans ce cas, la disposition des ombres n'est plus la même pour les deux images, et il en résulte, surtout au point de vue photographique, des effets bizarres qui détruisent en grande partie la sensation du relief. Ce grave défaut restreint d'une manière très-notable l'emploi de l'instrument, en permettant seulement l'usage d'objectifs peu grossissants; de sorte que, jusqu'à aujourd'hui du moins, les microscopes binoculaires semblent plutôt destinés à figurer dans le cabinet du physicien que dans le laboratoire du micrographe.

Il était donc indispensable, pour tirer tout le parti possible de ce genre de reproductions, d'avoir recours à d'autres moyens qui, sans compliquer d'une manière embarrassante les appareils dont on dispose le plus souvent, soient applicables à tous les cas qui se présentent dans les recherches micrographiques. Les deux méthodes suivantes semblent résoudre le problème d'une manière assez satisfaisante : la première, convenable seulement pour les objets opaques, consiste essentiellement dans une simplification de l'appareil pseudoscopique de

M. Nachet; la seconde est calquée sur celle que l'on emploie quelquefois dans la photographie ordinaire pour les reproductions stéréoscopiques, et peut être employée pour tous les objets, quelle que soit leur nature. Elles joignent l'une et l'autre, à une grande simplicité, l'avantage de n'exiger que des appareils peu dispendieux qui s'adaptent sur un microscope quelconque.

2° Emploi du demi-diaphragme.

Le principe qui sert de base au microscope pseudo-stéréoscopique, consiste à produire deux images d'un objet avec les deux moitiés d'un même objectif; ces deux portions, agissant d'une manière tout à fait indépendante, voient l'objet sous deux angles différents. De là, la sensation du relief ou du creux, produite par la vision simultanée des deux images. Il est évident que l'on doit arriver à un résultat complétement identique, en produisant successivement deux épreuves avec les deux portions d'un même objectif, dont on cachera alternativement, à l'aide d'un demi-diaphragme, la moitié droite ou la moitié gauche. La photographie de ces images, examinée dans un stéréoscope ordinaire,

devra fournir une impression stéréoscopique ou pseudoscopique, d'après la position relative des épreuves, c'est-à-dire selon que l'épreuve produite par la moitié gauche de l'objectif sera placée sous l'œil droit ou sous l'œil gauche, et réciproquement. C'est, en effet, ce que l'expérience vérifie, et l'on obtient, par ce moyen extrêmement simple, de très-belles reproductions de tous les objets qui peuvent être éclairés par dessus; mais l'emploi de la



Fig. 30. — Disposition du demi-diaphragme.

A. Tube s'adaptant au microscope. — B. Fente demi-circulaire. — D. Goupille limitant le mouvement du tube intérieur. — C. Demi-diaphragme. — E. E'. Positions symétriques de ce dernier.

lumière transmise donnerait lieu aux inconvénients déjà signalés pour les microscopes binoculaires, et ne produirait que des résultats très-imparfaits.

L'appareil qui réalise ces conditions consiste en un tube de cuivre (fig. 30), dont une extrémité A

est fixée dans la partie inférieure du corps du microscope, ou mieux encore dans le tube vertical du prisme que supporte la chambre noire. (La disposition représentée figure 26 se prête beaucoup mieux, comme on l'a vu, à la reproduction des corps opaques.) Le tube A reçoit, dans son intérieur, un second tube qui tourne à frottement très-doux, et dont le mouvement de rotation est limité par une goupille D, s'engageant dans une fente demi-circulaire B, de façon qu'il accomplisse exactement une demi-révolution. La partie C qui reçoit les objectifs est munie d'un demi-diaphragme métallique qui en obture la moitié, comme on le voit en E. De cette façon, l'objectif fixé en C ne transmettra que les rayons qui pourront émerger par la moitié droite de sa surface. Mais si l'on fait tourner d'une demi-révolution le tube intérieur, le demi-diaphragme se présentera dans une position inverse E', et l'objectif agira alors par sa portion gauche. Les deux images produites dans chacune de ces positions seront donc dans les conditions nécessaires à la vision stéréoscopique (1).

(1) Cette disposition peut être réduite encore à une plus grande simplicité, lorsqu'il s'agit surtout d'une faible amplification. Il suffit, en effet, de placer contre la lentille posté-

La position du demi-diaphragme, relativement à la plaque sensible, est loin d'être indifférente, comme on devait d'ailleurs s'y attendre. Elle doit être telle, que la ligne qui partage l'objectif en deux portions égales coïncide avec l'axe vertical des images que l'on veut obtenir. Si cette condition n'était pas observée, les épreuves ne seraient pas perdues pour cela, mais il serait indispensable alors de les orienter de manière à satisfaire à cette exigence, ce qui est toujours difficile ou incommode.

Cette méthode s'applique non-seulement aux cas où l'on fait usage des objectifs d'un microscope, mais elle donne encore d'excellents résultats, lorsqu'on se sert d'objectifs photographiques ordinaires, comme dans la disposition représentée par la figure 27. Dans le cas où l'on emploierait un objectif à plusieurs verres, il y aurait un avantage réel à placer le diaphragme le plus près possible de la première lentille, soit en avant, soit en arrière. L'effet stéréoscopique est alors plus prononcé qu'en le

rieure de l'objectif un demi-diaphragme de papier noir, et de dévisser l'objectif d'un demi-tour, pour lui faire occuper les deux positions indiquées. Ce moyen, quoique imparfait en apparence, est le plus souvent suffisant. Il est inutile d'ajouter qu'il change un peu la mise au foyer, qui devra être rétablie après chaque manœuvre.

fixant contre la lentille postérieure. Cette disposition fournit de très-beaux reliefs avec des objectifs qui n'ont pas moins de 15 centimètres de longueur focale, pour des grossissements de deux à trois diamètres (1).

Un des reproches que l'on pourrait adresser à cette manière d'opérer, consiste dans la perte de lumière qui en résulte nécessairement. L'objectif, n'agissant en effet que par la moitié de sa surface, ne transmet que la moitié de la lumière qu'il reçoit, et la durée de la pose doit, par conséquent, être double de ce qu'elle serait dans les conditions ordinaires. Cependant, comme on fait constamment usage de faibles grossissements pour la reproduction des corps opaques, le diamètre des objectifs est toujours assez grand pour impressionner rapidement la plaque sensible. Cet inconvénient se retrouve d'ailleurs dans tous les microscopes binoculaires, quelle que soit leur construction, les rayons lumineux émanés de l'objet se partageant toujours en deux portions égales qui

(1) Il ne faudrait pas croire cependant que cette méthode permette d'obtenir avec les mêmes objectifs des épreuves stéréoscopiques d'objets placés à une grande distance. Dans de pareilles conditions, l'angle sous lequel seraient vues les deux images serait évidemment beaucoup trop faible pour produire dans le stéréoscope un relief appréciable.

viennent former deux images distinctes. Si toutefois, pour une raison quelconque, on avait intérêt à diminuer le plus possible la durée de l'exposition, on aurait recours à la méthode suivante, qui donne des résultats aussi parfaits, en utilisant pour la formation de l'image la totalité de la lumière émise par l'objet à reproduire.

3° Bascule stéréoscopique.

On a déjà vu quelles sont les raisons qui s'opposent à l'emploi des appareils précédents pour la photographie des corps transparents. Les images de l'objet, produites par l'objectif dans ses diverses positions, se trouvent éclairées dans des directions souvent complétement opposées, de sorte que leur superposition par le stéréoscope donne lieu à des effets que l'œil ne peut comprendre, et qui détruisent d'une manière plus ou moins complète la sensation du relief. Bien qu'il soit assez difficile de se rendre compte de ce phénomène, il n'en existe pas moins de la manière la plus évidente, ce qui rend indispensable l'emploi d'autres moyens pour arriver à des résultats satisfaisants.

Pour que deux images soient dans des conditions

convenables à la vision stéréoscopique, il faut, comme on l'a déjà vu, qu'elles représentent les deux perspectives d'un même objet telles que les voit isolément chacun des yeux. Pour réaliser ces exigences par la photographie, on est dans l'habitude de prendre simultanément deux vues avec deux instruments faisant entre eux un angle convenable, ou avec un seul instrument que l'on amène successivement dans la position des deux premiers. Les résultats ne changeraient pas d'une manière sensible si, l'appareil photographique restant immobile, on faisait tourner l'objet sur son axe, de manière à lui faire décrire un angle égal à celui des deux appareils. Cette manière d'opérer, adoptée dans plusieurs circonstances pour les reproductions photographiques, donne des images stéréoscopiques aussi parfaites que la première méthode, mais elle n'est applicable qu'aux cas très-limités où l'on peut faire varier à volonté la position du modèle.

Pour la photographie des objets microscopiques, il est impossible d'avoir recours à l'usage de deux objectifs à cause de leur petite longueur focale, et cet inconvénient ne se présenterait-il pas, on conçoit combien il serait difficile de construire des objectifs assez identiques pour fournir deux images

au même grossissement. Le second système peut, au contraire, être employé avec avantage, et donne des résultats de beaucoup supérieurs à ceux que fournissent les microscopes binoculaires. L'appareil destiné à présenter l'objet sous des angles différents est d'ailleurs peu compliqué, et s'adapte aisément sur tous les microscopes. La figure 31 en montre une coupe verticale; il est représenté en perspective figure 32, fixé sur la platine du microscope.

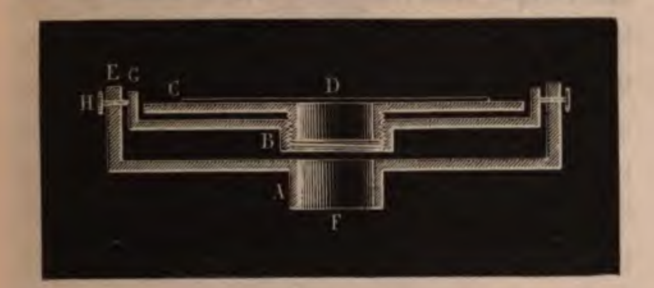


Fig. 31. — Coupe verticale de la bascule stéréoscopique.

A. Platine fixe portant deux oreilles verticales E. — B. Bascule mobile autour de l'axe horizontal H. — C. Platine à mouvement ascensionnel. — F. Tube s'adaptant sur l'ouverture du microscope. — D. Porte-objet.

Une plaque circulaire A est percée d'une ouverture centrale munie d'un tube F qui est exactement ajusté dans le trou de la platine. Cette plaque porte deux oreilles verticales E, placées aux extrémités d'un même diamètre, et entre lesquelles

est disposée une deuxième plaque B, plus petite que la première et munie comme elle de deux oreilles G. Celle-ci est mobile autour d'un axe horizontal, déterminé par la position de deux pivots H. Un troisième disque C porte, au centre, un tube qui s'engage par le moyen d'un pas de vis dans celui de la plaque intermédiaire. Ce disque supporte la plaque de verre sur laquelle se trouve l'objet, et remplace par conséquent la platine du microscope. Deux ressorts, qui ne se voient pas sur la figure et placés entre les deux plaques inférieures, maintiennent la bascule B inclinée d'une manière constante. Enfin, deux petits valets, fixés sur la plaque B, assujettissent la lame de verre sur la platine, comme on le voit dans la figure 32. Tout l'appareil doit être fixé sur le microscope par un moyen quelconque, afin qu'il ne puisse tourner sur son axe pendant les opérations (1).

Tout étant ainsi disposé, il est clair que la plaque de verre et, par conséquent, l'objet qu'elle supporte

(1) Le moyen le plus commode de le fixer consiste à percer la plaque inférieure d'un trou convenablement placé pour coïncider avec un de ceux qui, sur la platine du microscope, sont destinés à recevoir les valets. Une simple goupille réunissant ces deux ouvertures suffit pour empêcher l'instrument de tourner.

se présentent à l'objectif sous un angle dont l'amplitude dépend de la hauteur de l'axe de rotation et



Fig. 32. — Bascule stéréoscopique en place sur un microscope.

A. Platine du microscope. — B. Platine inclinée de la bascule. — C. Platine à mouvement ascensionnel portant la préparation. — E. Oreille verticale portant l'axe de rotation.

de la longueur de la bascule. Une première épreuve

étant faite dans cette position, il suffira de fixer la platine mobile dans une direction inverse de celle qu'elle occupait primitivement, pour faire décrire à l'objet un mouvement angulaire qu'il est facile de calculer. La seconde image obtenue dans ces nouvelles conditions reproduira l'objet sous une autre perspective, et, si l'angle a été convenablement déterminé, les deux épreuves satisferont parfaitement aux exigences de la vision stéréoscopique.

Une condition indispensable pour que cet instrument fonctionne d'une manière régulière, consiste dans la position de l'axe de rotation, qui doit coïncider rigoureusement avec la surface de l'objet à reproduire. Sans cette précaution, l'objet se déplacerait par le mouvement de la bascule ; il arriverait même, si le grossissement était un peu considérable, qu'il sortirait complétement du champ du microscope, et toute opération deviendrait alors impossible. C'est pour obvier à ce grave inconvénient que la platine C est munie d'un tube à vis qui permet de l'abaisser ou de l'élever au-dessus de la bascule, selon que la lame de verre est plus épaisse ou plus mince. Un trait de repère, tracé sur la face interne des oreilles, indique la hauteur de l'axe de rotation, et l'on doit avant tout, en vissant ou dévissant la platine, faire

coïncider parfaitement avec ce trait la surface supérieure du porte-objet, la bascule se trouvant placée horizontalement.

Quant au moyen de fixer la bascule dans ses diverses positions, le plus simple consiste dans l'emploi d'une lame épaisse de cuivre taillée en forme d'escalier, et qui fait l'office d'une cale. Sa plus petite épaisseur doit être telle que, placée sous la bascule du côté des ressorts, elle la maintienne dans une situation parallèle à la plaque inférieure. Dans sa plus grande épaisseur elle l'inclinera au contraire dans une direction opposée, de manière à détruire l'action des ressorts.

Enfin, l'amplitude du mouvement angulaire que l'on imprimera à l'objet n'est pas indifférent. Un angle total de 7 à 8 degrés environ est celui qui paraît le plus convenable comme moyenne. Les épreuves obtenues dans ces conditions donnent la sensation d'un relief très-suffisant, sans être exagéré. La grandeur de l'angle ne doit pas d'ailleurs être la même pour tous les objectifs ; elle doit être d'autant plus faible, que ceux-ci ont un foyer plus court, et il est souvent utile de l'augmenter d'une manière notable, quand on fait usage de très-faibles grossissements. C'est ainsi que pour une lentille seule de

l'objectif n° 0 de M. Nachet, il y a avantage à élever jusqu'à 12 degrés la grandeur de l'angle, tandis qu'il suffit de la réduire à 4 ou 5 degrés pour l'objectif n° 5. On pourra d'ailleurs, avec un même instrument, produire toutes ces variations, en plaçant sous les deux côtés de la bascule des cales d'épaisseur convenable pour régler son mouvement. On pourrait aussi faire usage de deux vis disposées au-dessous de la plaque inférieure, mais c'est là une complication peu commode dans la pratique et dont il est préférable de s'affranchir (1).

La mise au point exige, avec cet appareil, quelques précautions particulières. Après avoir disposé la

(1) La grandeur de l'angle décrit par l'objet doit varier nécessairement avec les dimensions de l'appareil et les rapports qui existent entre ses diverses parties. Il peut d'ailleurs se déterminer par quelques calculs trigonométriques assez simples. Nous donnerons ici, à titre de renseignements, les dimensions d'un instrument construit pour un angle maximum de 12 degrés.

Longueur de la bascule.	68 millim.
Hauteur de l'axe au-dessus de la plaque inférieure.	$14^{mm},5$
Hauteur de l'axe au-dessus de la bascule	8 millim.

En supposant à la bascule et à la platine une épaisseur de 2 millimètres, on peut faire usage de lames de verre dont l'épaisseur pourrait atteindre 4 millimètres.

bascule horizontalement, on choisit d'abord le point de la préparation qui doit être photographié; il faut ensuite s'assurer que ce point coïncide bien avec l'axe de rotation ; l'inégalité d'épaisseur des lames de verre peut, en effet, donner lieu à des différences, selon le point de la surface qui se trouve sous l'objectif. L'erreur, s'il y en a une, se corrige aisément en cherchant, pendant que l'on examine, la hauteur la plus convenable de la platine pour que l'objet ne se déplace pas d'une manière sensible pendant le mouvement de la bascule.

L'instrument étant ainsi réglé, on met l'image au point pour une première inclinaison, et l'on impressionne la plaque sensible. Il est rare qu'après avoir fait basculer l'objet pour produire la seconde épreuve, l'image reste encore au foyer; cet inconvénient ne devrait pas se manifester avec des appareils d'une construction irréprochable; mais le jeu inévitable des axes, et surtout l'ébranlement occasionné pendant cette manœuvre, produisent presque toujours un léger changement. Il faut alors mettre le plus grand soin à effectuer la seconde mise au point sur la même partie de l'objet que la première ; sans cette précaution, chaque épreuve vue isolément pourrait être satisfaisante, mais leur

superposition dans le stéréoscope donnerait lieu à des effets désagréables qu'il est important d'éviter.

Les limites de grossissement que comporte cette manière d'opérer sont suffisamment étendues pour se prêter à tous les cas qui se présentent. Depuis le n° 0 de M. Nachet jusqu'à l'objectif n° 3, on ne rencontre aucune difficulté. Le n° 5 peut même être employé avec succès, à la condition de recouvrir la préparation d'une lamelle de verre extrêmement mince. Quant aux objectifs supérieurs, la largeur de la monture de cuivre s'oppose généralement à leur usage, en venant butter contre la préparation pendant son mouvement angulaire ; on pourrait, il est vrai, obvier à cet inconvénient en diminuant le diamètre de cette monture, mais il est bien rare que l'objectif n° 5 ne suffise pas à tous les cas, si l'on emploie surtout le système des amplifications successives, qui présente ici de très-grands avantages.

Cette méthode, bien que donnant des résultats supérieurs à toutes les autres, est loin cependant d'être à l'abri de certains reproches. Un de ses plus sérieux inconvénients consiste dans l'obliquité sous laquelle l'objet se présente à l'objectif. Il en résulte qu'on ne peut mettre exactement au point qu'une petite surface de la préparation, d'autant moindre,

que le grossissement est plus considérable. Mais il est vrai de dire que, dans ces conditions, il est le plus souvent inutile d'embrasser un champ très-étendu, et les exigences de la micrographie dépassent rarement les limites auxquelles l'appareil peut satisfaire.

Une seconde objection, en apparence aussi fondée, provient du mode d'éclairage de la préparation. La direction des rayons lumineux restant constante pour les diverses positions de l'objet, celui-ci doit présenter successivement ses différentes faces à la lumière, ce qui semble au premier abord devoir nuire au succès de l'opération. L'expérience démontre cependant que les différences qui existent entre l'éclairage des deux images ne sont pas appréciables, et c'est même en cela que consiste l'avantage incontestable de cette méthode sur les premières.

En résumé, ce système se prête également bien à la reproduction stéréoscopique des objets microscopiques, quelle qu'en soit la nature ; et si, dans le cas des corps opaques, on doit donner la préférence à l'emploi des demi-diaphragmes, cela tient uniquement à la plus grande simplicité des appareils, les résultats fournis par chacune des deux méthodes étant absolument identiques.

4° Des stéréoscopes.

Les dessins stéréoscopiques obtenus par l'une ou l'autre des méthodes qui viennent d'être indiquées peuvent, dans tous les cas, être directement examinés à l'aide d'un stéréoscope ordinaire, analogue à ceux qui sont aujourd'hui généralement répandus dans le commerce. L'emploi d'un pareil instrument présente cependant quelques inconvénients qui le rendent insuffisant pour les observations de cette nature; un des plus sérieux consiste dans la petite étendue des images qu'il permet d'observer.

Lorsque l'objet qu'on étudie possède une épaisseur très-faible, par rapport à ses deux autres dimensions, il est en effet nécessaire, pour que le relief devienne sensible, de le reproduire à des grossissements très-considérables, condition toujours facile à réaliser, comme on l'a déjà vu, par des amplifications successives; mais dans ce cas, les épreuves ont, souvent, une trop grande largeur pour qu'un stéréoscope ordinaire se prête bien à leur observation. On pourrait, il est vrai, remédier à cet inconvénient en exagérant la grandeur de l'angle sous lequel ont été obtenus les deux dessins, mais on

comprend sans peine les nombreux inconvénients inhérents à l'emploi d'un semblable moyen, qui serait d'ailleurs incapable de reproduire la nature avec la fidélité que l'on est en droit d'exiger. Aussi, doit-on se préoccuper avant tout de réaliser les conditions qui conviennent le mieux à la reproduction des objets microscopiques; il sera toujours facile d'appliquer à l'examen des épreuves un appareil stéréoscopique qui soit à l'abri du défaut qui vient d'être signalé. Sans entrer ici dans l'examen critique des dispositions nombreuses qui ont été imaginées pour la construction des stéréoscopes, il ne sera pas sans utilité de donner, sur ces instruments, quelques indications sommaires que nous empruntons à l'excellent ouvrage de M. Giraud-Teulon.

On a déjà vu, page 32, par quel mécanisme physiologique se produisait la sensation du relief. Il est évident, d'après ce qui a été dit à cet égard, que, si les yeux sont fixés harmoniquement sur un objet à trois dimensions, l'impression éprouvée par l'observateur ne serait pas modifiée, si l'on substituait à l'objet lui-même ses traces sur un plan de perspective; cette substitution est précisement le but que l'on se propose par l'emploi du stéréoscope. Deux images photographiques d'un même corps obtenues, comme

on l'a vu, sous un angle égal à celui que forment les deux axes optiques, représentent les traces en question ; mais au lieu d'être placées dans la direction même de ces axes, elles sont disposées en face

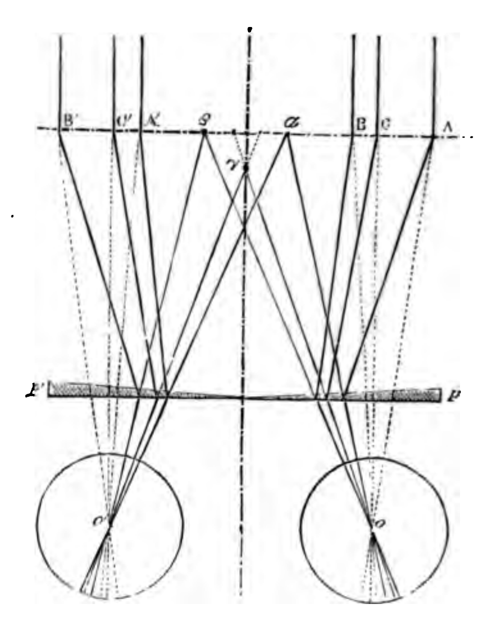


Fig. 33. — Stéréoscope par réfraction de Sir D. Brewster.

de chacun des yeux ; il s'agit de rapprocher par un artifice quelconque ces deux images, de manière qu'elles paraissent situées sur le chemin des axes visuels.

Dans le stéréoscope ordinaire par réfraction, on

fait usage de deux prismes P P' (fig. 33) se regardant par leurs sommets et disposés au-dessus des dessins ABC, A'B'C'. Les rayons émanés de ces derniers éprouvent, en se réfractant, une déviation qui les confond en une seule image $\alpha\beta$, dont la position est déterminée par l'angle que forment les axes optiques. On voit, de plus, par l'inspection de la figure, que le fusionnement des points AB, A'B, se fait $\alpha\beta$, sur le plan des dessins eux-mêmes, tandis qu'il n'en est plus ainsi pour les points C et C', qui se croisent en γ, en avant des deux premiers.

Si, au contraire, on transpose de droite à gauche les groupes de lignes ACB, A'C'B', comme le montre la figure 34, les rayons, émanés de C et C' se croiseront en γ, en arrière des points $\alpha\beta$. On comprend aisément, d'après ces constructions géométriques, comment se produit l'effet stéréoscopique ou pseudoscopique par la simple transposition des deux dessins dans l'appareil.

Il résulte de cette disposition, que la largeur maximum des épreuves photographiques a nécessairement pour limite la distance qui sépare les deux yeux, c'est-à-dire 6 à 7 centimètres au plus. Pour obvier à cet inconvénient, on grandit les dessins stéréoscopiques par l'interposition d'une loupe

qui reporte les images virtuelles à la distance de la vision distincte. Ce sont ordinairement les prismes eux-mêmes qui remplissent cette fonction ; il suffit en effet de donner à leurs faces des courbures con-

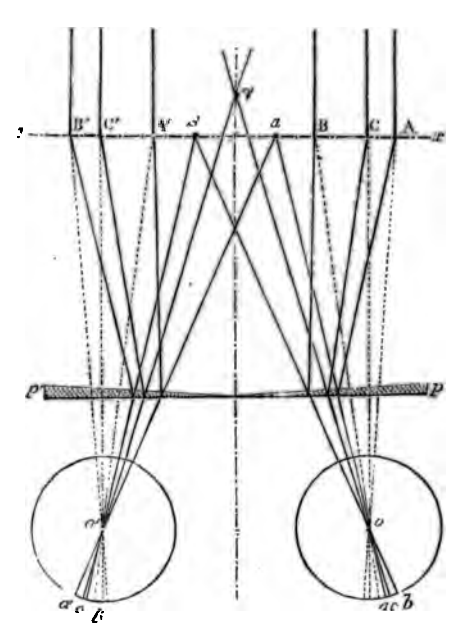


FIG. 34. — Stéréoscope par réfraction de Sir D. Brewster.

venables, pour qu'ils soient susceptibles de jouer simultanément les deux rôles auxquels ils sont destinés.

L'application de ce moyen ne réalise malheureuse-

ment les exigences du problème que pour des cas déterminés : c'est ainsi qu'un appareil construit pour une vue normale, par exemple, ne se prête qu'imparfaitement aux conditions de l'accommodation pour les personnes myopes ou presbytes. A cet inconvénient, il faut en ajouter un autre également assez grave, celui d'exagérer les imperfections du dessin photographique en même temps qu'on amplifie ses dimensions. Aussi les épreuves ordinaires sur papier produisent-elles toujours un effet des plus désagréables, à cause du grenu fort apparent de leur surface, et les photographies sur verre possèdent seules assez de perfection pour subir sans désavantage ce grandissement artificiel.

Cette cause d'infériorité ne se retrouve pas dans les stéréoscopes par réflexion, qui permettent de voir les images sans amplification, et se prêtent à l'examen d'épreuves d'une grandeur quelconque. Parmi les diverses dispositions qui ont été proposées, la suivante réalise les conditions les plus favorables à la vision binoculaire régulière. L'appareil représenté fig. 35, imaginé par Helmholtz pour rendre sensible le relief des objets situés à une très-grande distance, a été introduit par M. Giraud-Teulon dans le domaine de la stéréoscopie ordinaire, et peut rendre à

cet égard de très-grands services par la perfection de ses résultats. Il consiste essentiellement dans la combinaison de quatre prismes égaux, à réflexion

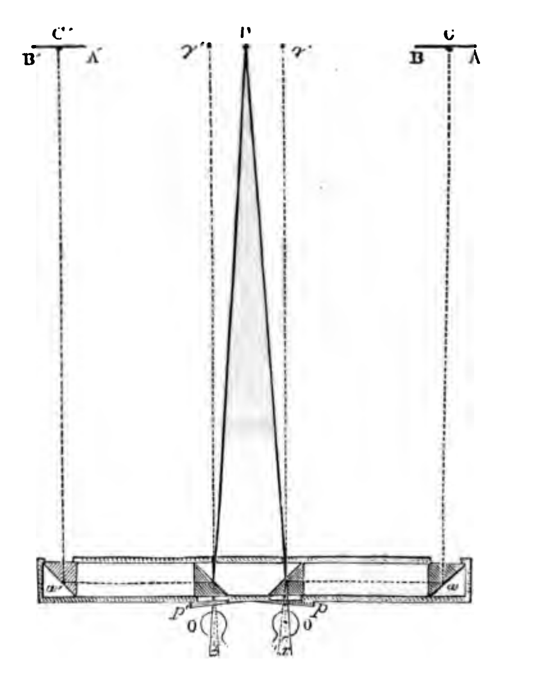


Fig. 35. — Stéréoscope à réflexions totales.

totale, dont les deux extrêmes, ω, ω', sont placés à l'aplomb des épreuves AB, A'B', les deux autres étant disposés en face des yeux.

Après deux réflexions sur les hypoténuses des

prismes, les rayons émanés des dessins se trouvent ramenés parallèlement à eux-mêmes dans les directions $O\gamma$, $O\gamma'$; il suffit ensuite, pour les faire converger vers un point unique Γ, de placer en p et p' deux nouveaux prismes se regardant par leurs sommets et d'un angle convenablement déterminé. Cet instrument élimine, comme on le voit, l'influence qui résulte de l'accommodation pour divers observateurs; l'absence de toute loupe détruit aussi les inconvénients qu'amène l'exagération des défauts du papier ou du dessin; il se prête, de plus, à l'examen des épreuves d'une grandeur qui n'a, pour ainsi dire, pas de limites, puisqu'il est toujours possible de faire varier, à l'aide d'une coulisse, la distance qui sépare les deux prismes extrêmes.

Enfin, dans le cas où, pour une cause quelconque, on aurait intérêt à amplifier les épreuves stéréoscopiques, il faudrait avoir recours à une modification de l'appareil précédent, proposée encore par M. Giraud-Teulon, et qui se prête à des grossissements bien autrement considérables que ceux que fournissent les stéréoscopes ordinaires. Il suffit d'interposer entre les dessins et les prismes extrêmes (fig. 36) des objectifs d'un foyer convenable, et de placer, entre l'œil et les prismes moyens, des ocu-

laires concaves ou convexes pour transformer l'instrument de Helmholtz en une jumelle stéréoscopique, appelée à rendre d'utiles services. Il est

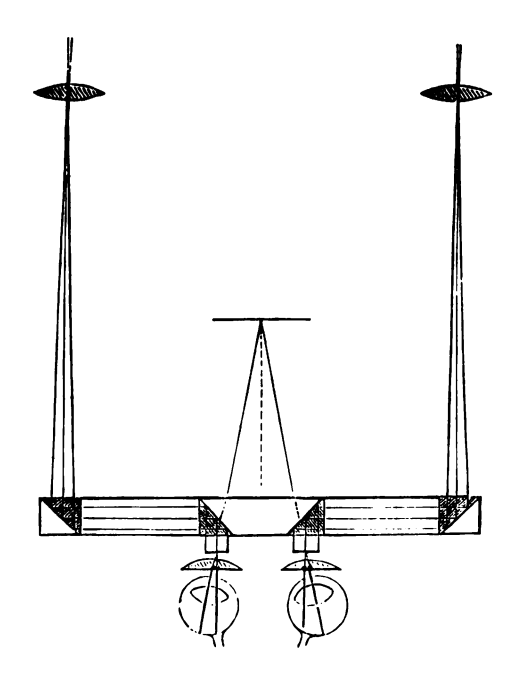


FIG. 36. — Jumelle stéréoscopique de M. Giraud-Teulon.

seulement nécessaire d'excentrer plus ou moins les oculaires, selon la distance de vision distincte de l'observateur. Un stéréoscope ainsi construit ne saurait toutefois être d'un usage avantageux que

quelques cas très-spéciaux, lorsque, par exem-
on aurait intérêt à grossir quelque détail d'une
oduction micrographique. La disposition indi-
figure 35 se recommande au contraire par sa
de simplicité et par la généralité de ses appli-
ns.

DEUXIÈME PARTIE

MÉTHODES OPÉRATOIRES

CHAPITRE PREMIER.

CORRECTION DES FOYERS CHIMIQUES.

Quand on observe sur un écran l'image d'un objet vivement éclairé, produite par une lentille ordinaire, on remarque que ses contours, loin de se dessiner avec netteté, sont au contraire vagues et confus, et présentent toujours des colorations plus ou moins brillantes. Ce phénomène, désigné sous le nom d'*aberration chromatique*, a pour cause l'inégale réfrangibilité des rayons diversement colorés qui composent la lumière blanche; il est facile de se rendre compte de sa production, en examinant ce qui se passe lorsqu'un rayon lumineux se réfracte à travers un prisme.

On sait en effet que, lorsqu'un pinceau de lumière solaire tombe sur un prisme, les rayons émergents, au lieu de conserver la forme du faisceau primitif,

donnent, si on les reçoit sur un écran, une image étalée et diversement colorée, connue sous le nom de spectre solaire. Cette expérience démontre, non-seulement que la lumière blanche n'est pas homogène, mais que les divers rayons colorés qui la composent se réfractent inégalement en traversant un même milieu : c'est ainsi qu'entre les rayons rouges, qui sont le moins déviés, et les violets, qui le sont le plus, se trouvent placés, dans leur ordre de réfrangibilité, l'orangé, le jaune, le vert, l'indigo et le bleu.

En étudiant avec soin les diverses propriétés de ces différents rayons, on n'a pas tardé à reconnaître qu'elles étaient essentiellement variables, selon la couleur de la lumière. C'est ainsi que les propriétés calorifiques résident surtout dans le rouge, tandis que le jaune est remarquable par sa puissance lumineuse, et à mesure qu'on se rapproche du violet, on voit naître des propriétés chimiques de plus en plus intenses. Mais ce n'est pas tout encore. Si l'on place une substance photogénique au delà du violet, en un point où l'œil ne perçoit plus aucune lumière, on verra qu'elle est encore impressionnée, et souvent même elle l'est plus vivement que dans toute autre partie du spectre. Il existe donc dans la

radiation solaire des portions qui ne se révèlent pas à nos sens, et qui ne deviennent sensibles que dans des conditions déterminées,

Si l'on examine maintenant ce qui se passe dans une lentille biconvexe, celle-ci, pouvant être complétement assimilée à un prisme, devra produire sur les rayons lumineux des phénomènes tout à fait analogues. Il est évident, en effet, d'après ce qui précède, que les rayons violets, les plus réfrangibles, devront se croiser en un point plus rapproché de la lentille que les rayons rouges ; de sorte que les divers foyers, au lieu de se réunir en un point mathématique, seront étalés sur une ligne plus ou moins longue, suivant la convexité du milieu réfringent. Il en résulte, au point de vue pratique, que les images produites par une semblable lentille seraient colorées sur leurs bords, et que le *foyer chimique* ou *actinique* ne correspondrait pas au foyer visuel.

On corrige partiellement ce défaut en formant un objectif avec deux substances d'un pouvoir dispersif différent, qui feront converger en un même point deux rayons de couleur déterminée. C'est ce qu'on réalise dans la construction des objectifs microscopiques, qui sont *achromatisés* par la com-

binaison de deux lentilles, l'une convexe, de crown, l'autre concave, de flint, possédant des courbures que l'on détermine par le calcul. Malheureusement, un semblable moyen permet de réunir seulement deux espèces de rayons; et comme, pour les observations microscopiques, on a tout intérêt à obtenir une image qui présente à l'œil son maximum de netteté en même temps qu'une très-vive lumière, ce sont les rayons les plus lumineux, c'est-à-dire le rouge et le jaune, qui doivent être achromatisés, sans qu'on ait à se préoccuper des autres, qui n'impressionnent que très-faiblement la rétine. Aussi ces objectifs présentent-ils souvent un foyer chimique, et la netteté de l'épreuve photographique est loin de correspondre alors à celle de l'image examinée sur l'écran (1).

Il est cependant de la plus haute importance d'ob-

(1) Il résulte des expériences de MM. Lerebours et Secretan qu'un objectif sans foyer chimique pour les procédés secs donnerait une légère différence pour les procédés humides. J'ai pu m'assurer de l'exactitude de cette assertion pour les objectifs de microscope, en comparant les résultats obtenus sur collodion sec ou humide. La différence est, dans tous les cas, très-peu considérable, et peut être négligée sans cause d'erreur dans les appareils à amplification directe. Ce n'est que dans les cas où l'on fera usage des instruments à petites épreuves qu'il devient utile d'en tenir compte.

vier à ce grave inconvénient, et plusieurs moyens ont été proposés pour résoudre le problème. M. Bertsch, qui s'est occupé avec le plus grand succès de la photographie des objets microscopiques, s'explique en ces termes à cet égard : « Quant » aux objectifs, comme il n'est pas encore possible » de les obtenir rigoureusement achromatiques, il » faut en calculer d'avance les foyers actiniques, » les monter sur un système mû par des vis micro- » métriques d'une grande finesse, et portant, à » l'une de leurs extrémités, des points de repère » fixes auxquels correspondent les numéros des » lentilles. La différence entre le foyer visible et le » foyer actinique n'étant le plus souvent que de » quelques centièmes de millimètre, on ne saurait » apporter trop de soin dans la confection du cha- » riot portant les objectifs et des vis qui servent à » le faire mouvoir. »

Sans nier la valeur théorique de cette méthode, on verra sans peine qu'elle est, dans la pratique, d'une application bien difficile, pour ne pas dire impossible. Les personnes familières avec l'usage du microscope savent, en effet, quelles difficultés on éprouve pour la simple mise au point, lorsqu'on se sert de puissants objectifs adaptés aux

instruments les mieux construits. Une légère secousse imprimée à l'appareil suffit quelquefois pour altérer la netteté de l'image, et ce n'est pas quelques centièmes de millimètre seulement qu'il s'agit d'apprécier, mais une fraction souvent bien plus petite. Qu'arrivera-t-il dans une correction qui n'a de contrôle que le résultat définitif? Si un semblable moyen peut réussir entre les mains habiles de M. Bertsch et avec des instruments d'un mécanisme rigoureusement irréprochable, il n'en est pas moins d'une telle difficulté d'exécution, qu'il ne saurait entrer régulièrement dans la pratique.

Une manière d'opérer beaucoup plus en harmonie avec les exigences de la photographie est celle qui a été proposée, il y a peu de temps, par l'abbé comte Castracane (1). Elle consiste dans l'emploi d'une lumière homogène, qui ne peut nécessairement donner qu'un foyer unique; et si, de plus, cette lumière est susceptible par sa nature d'impressionner chimiquement la plaque sensible, il est évident que le foyer chimique coïncidera rigoureusement avec le foyer visuel, et il n'y aura aucune correction à effectuer. L'auteur de cette méthode

(1) *Nuovi Lincei*, t. XVII, 6 mars 1864. — *Bibliothèque universelle de Genève*, mai 1865.

s'est servi, pour la réaliser, de moyens qui ne laissent rien à désirer au point de vue théorique, mais qui ont l'inconvénient d'être d'une exécution difficile et compliquée. La lumière solaire traverse, avant d'arriver sur l'appareil éclaireur, un large prisme d'un pouvoir dispersif assez grand pour donner un spectre très-étalé. Un diaphragme convenablement disposé ne laisse parvenir sur le concentrateur que les rayons *bleu verdâtre*, dans lesquels réside une grande activité chimique, et l'image est ensuite mise au point par les moyens ordinaires. Cette méthode permet non-seulement d'éliminer d'une manière absolue l'influence des foyers chimiques, mais elle possède encore l'avantage d'augmenter la netteté, en détruisant cette superposition d'images causée par l'aberration chromatique. C'est ainsi, par exemple, que les stries très-fines de certaines navicules, qui ne sont visibles qu'avec les grossissements les plus puissants, se distinguent très-aisément, par l'emploi de ce mode d'éclairage, à l'aide d'objectifs très-faibles.

L'application de la lumière monochromatique aux observations microscopiques n'est pas d'ailleurs nouvelle dans la science. M. Brewster a signalé depuis longtemps l'utilité de la lumière jaune, qui

permet d'obtenir d'excellents résultats avec les microscopes les plus défectueux.

Cette méthode fournit, comme on le prévoit, des épreuves d'une netteté très-remarquable; mais elle peut recevoir une grande simplification qui la rendra d'un emploi plus facile en lui conservant ses principaux avantages. On peut, en effet, supprimer le prisme, et produire des effets à peu près identiques en interposant sur le trajet des rayons lumineux un milieu transparent qui ne laisse arriver que de la lumière sensiblement homogène et d'une couleur telle, que son activité chimique soit suffisamment intense. L'emploi d'une glace à faces parallèles colorée en bleu par du cobalt serait d'un usage avantageux, s'il était facile de se la procurer dans de bonnes conditions. Malheureusement les verres bleus du commerce sont généralement assez défectueux, et il est préférable de se servir d'un liquide coloré contenu dans une petite cuve verticale à faces parallèles (1). Le sulfate de cuivre ammoniacal se

(1) On peut construire soi-même très-facilement ces petites auges en mastiquant trois bandes étroites de glace entre deux plaques de glace aussi pures que possible. Un mastic composé de cinq parties de colophane, une de cire jaune et une de colcotar, s'applique à chaud avec facilité. La surface de la cuvette

prête parfaitement à ce genre d'expériences ; la lumière qu'il transmet impressionne rapidement les sels d'argent, et est assez monochromatique pour établir une coïncidence presque complète entre les foyers chimique et visuel. On peut aussi remplacer le sulfate de cuivre ammoniacal par le réactif de Barreswil, qui consiste en un mélange de sulfate de cuivre, de tartrate neutre de potasse et de soude caustique. La lumière transmise par ce liquide, quoique un peu plus mélangée de rouge que la précédente, se prête peut-être mieux au but que l'on se propose d'atteindre.

Si l'on étudie la constitution du spectre solaire que l'on obtient en interposant l'un ou l'autre de ces liquides sur le trajet des rayons lumineux, on observe des différences importantes qu'il est utile de signaler ici. Le spectre visible du sulfate de cuivre ammoniacal est compris entre l'orangé et le violet, depuis la raie D de Frauenhofer jusqu'aux raies H ; son spectre photogénique commence dans le vert jaunâtre et se prolonge fort loin dans la por-

doit être telle qu'elle puisse recevoir, à une distance convenable du condensateur, tous les rayons qui en sortent ou qui y arrivent. Une surface de 4 ou 5 centimètres de côté est généralement suffisante.

tion ultra-violette. Dans les mêmes conditions, le réactif cupro-potassique donne un spectre visible dans lequel le rouge a beaucoup plus d'intensité. On y distingue assez nettement jusqu'à la raie C de Frauenhofer, mais ce n'est qu'avec peine qu'on aperçoit la raie H située dans le violet. Quant au spectre chimique, il commence, comme dans le cas précédent, entre le jaune et le vert, pour se limiter presque à la raie H, sans rien donner de sensible dans la partie ultra-violette (1).

On voit, d'après ces observations, que cette dernière substance, moins monochromatique que la première, donne cependant un spectre chimique mieux limité, de sorte qu'il y aurait avantage à se servir du sulfate ammoniacal pour la mise au foyer, et à le remplacer par la liqueur de Barreswil, pendant l'impression de la plaque sensible. En éliminant ainsi l'action des rayons chimiques invisibles, on aurait, il est vrai, l'inconvénient de ralentir un peu

(1) Ces expériences ont été faites en photographiant le spectre sur des plaques préparées au collodion sec. Les liquides bleus contenaient tous les deux la même proportion de sulfate de cuivre cristallisé, et étaient renfermés dans les cuves d'une épaisseur identique. Quant au spectre lui-même, il était produit par un prisme de flint, et projeté à l'aide d'un appareil photographique ordinaire.

l'impression photographique ; mais ce léger défaut est largement compensé par la plus grande netteté de l'épreuve.

Quant à l'épaisseur à donner à ces cuves, elle est subordonnée à la concentration du liquide bleu qu'elles sont destinées à recevoir. Une solution renfermant un quinzième de son poids de sulfate de cuivre convient très-bien, si on l'emploie sous une épaisseur de 4 à 5 millimètres (1). La position de l'auge, relativement aux diverses parties de l'appareil, a aussi son importance, car elle permet de régler, dans certaines limites, l'action que le liquide bleu exerce sur les rayons solaires. Celui-ci

(1) On prépare cette dissolution en dissolvant 20 grammes de sulfate de cuivre pur dans 100 grammes d'eau distillée, et ajoutant de l'ammoniaque en léger excès, de manière à redissoudre le précipité bleu qui se forme d'abord. On amène ensuite le volume à 300 centimètres cubes par de l'eau distillée.

Dans le cas où l'on donnerait la préférence au réactif cupro-potassique, on opérera de la manière suivante : 20 grammes de sulfate de cuivre sont dissous dans 150 grammes d'eau distillée ; on fait, d'autre part, une solution de 60 grammes de potasse caustique et de 80 grammes de sel de Seignette (tartrate de potasse et de soude) dans la même quantité d'eau, et l'on mélange les deux liqueurs filtrées. Ce réactif s'altère à la longue sous l'influence de la lumière, de sorte qu'il faut rejeter chaque jour le contenu de la cuve. Le flacon de réserve sera conservé dans l'obscurité.

produira, en effet, le maximum d'absorption, lorsque les rayons lumineux le traverseront avant de tomber sur le condensateur; mais si la cuve se trouve placée en H (fig. 37), entre la lentille et son



FIG. 37. — Disposition de l'appareil éclaireur.

B. Règle horizontale munie d'une coulisse. — I. Miroir argenté. — E. Diaphragme. — D. Lentille convergente. — H. Cuve à sulfate de cuivre. — M. Miroir du microscope. — F. Éclairage Dujardin.

foyer, il est facile de concevoir que son action deviendra moins intense, puisque la même quantité de lumière traversera une section plus petite du milieu

coloré. On voit, de plus, que cette action diminuera à mesure que l'auge sera placée sur des portions de plus en plus rétrécies du cône réfracté. On pourra donc, avec un même vase et une même dissolution, obtenir des effets différents, selon la position qu'on lui fera occuper dans l'appareil éclaireur.

L'emploi de la lumière bleue a l'inconvénient de produire une image très-peu éclairée, qu'il est difficile de mettre au point avec assez de précision. Cette difficulté, qui ne se présente d'ailleurs que pour les appareils à grandissement direct, se transforme au contraire en un avantage incontestable, si l'on adopte les instruments destinés à produire de petites épreuves. Dans ce cas, la mise au foyer s'effectuant à l'aide d'un oculaire, on a surtout à craindre l'influence d'une lumière trop vive qui n'est pas sans danger pour l'œil de l'observateur, et l'interposition du milieu coloré permet, en absorbant les rayons les plus lumineux, de se livrer sans fatigue à cette opération délicate. Dans les autres circonstances, l'intensité trop faible de l'image empêche d'en étudier les détails avec facilité, et, bien que la mise au point ne soit jamais impossible, on la rendra moins pénible par une disposition spéciale qui élimine cette difficulté.

D'après ce qui a été dit plus haut, il est facile de prévoir qu'une image mise au foyer dans la lumière bleue devra perdre sa netteté, si l'on supprime le milieu coloré sans rien changer aux autres pièces de l'appareil; mais il sera facile, en reculant l'écran, de trouver une position pour laquelle, sans toucher à l'objectif, l'image redeviendra nette dans la lumière blanche. Que l'on suppose maintenant cette nouvelle position déterminée pour un objectif donné, il est clair que, réciproquement, un objet mis au foyer sur cet écran avec de la lumière blanche, devra se trouver net dans la lumière bleue, lorsqu'on avancera l'écran d'une quantité égale : tout se réduit donc à chercher quelle sera, pour chaque objectif, la différence qui doit exister entre la position normale de l'écran pour un éclairage bleu et celle qu'il devrait occuper pour la lumière blanche. Cette différence, toujours assez considérable pour être appréciée avec précision, se détermine à l'aide d'un appareil très-simple au moyen duquel on donne successivement diverses positions à l'écran qui reçoit l'image.

A la glace dépolie de la chambre noire on substitue un châssis spécial sur la partie postérieure duquel est fixée une boîte de bois AB (fig. 38)

de 10 à 15 centimètres de profondeur. Le fond de cette boîte porte un tube fixe C, dans lequel glisse à frottement dur un second tube D, dont la partie antérieure reçoit un disque de carton blanc E, destiné à servir d'écran. On peut faire occuper à ce disque des positions très-différentes en enfonçant plus ou moins le tube D, et retrouver aisément ces

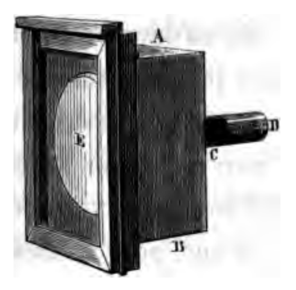


FIG. 38. — Écran mobile pour la correction des foyers chimiques.
D. Tube gradué coulissant dans le tube fixe C, et supportant l'écran E.

positions à l'aide d'une graduation en millimètres, dont le zéro doit correspondre au point où l'écran coïncide exactement avec la surface de la plaque sensible. Le jeu de cet appareil est facile à comprendre : après avoir mis l'écran au zéro, on met exactement au foyer l'image d'un objet éclairé par de la lumière bleue. Si l'on supprime alors le milieu coloré, l'image perd ordinairement une partie de

sa netteté ; mais il suffit de retirer l'écran dans la boîte, sans toucher à la vis du microscope, pour trouver une nouvelle position, où l'image sera nette dans la lumière blanche.

Le nombre de millimètres lu sur le tube D exprime la différence qui existe entre le foyer visible de l'objectif employé et son foyer correspondant aux rayons bleus. Le position ainsi déterminée sera évidemment celle où l'on devra mettre au point dans la lumière ordinaire pour obtenir une épreuve nette, lorsque la glace sensible occupera une position coïncidant avec le zéro de l'écran. Il est inutile d'ajouter que cette différence est variable avec les différents objectifs, et que, pour un même système, elle n'est pas la même pour toutes les longueurs de chambre noire. Avec certains objectifs peu puissants, la correction nécessaire s'élève quelquefois à 6 ou 7 centimètres ; elle devient généralement beaucoup moindre pour les lentilles à foyer plus court, et souvent même elle est tout à fait négligeable quand on fait usage des objectifs les plus forts.

Deux difficultés se présentent pour effectuer cette correction d'une manière précise. La faible intensité de l'image rend en effet assez pénible sa mise

au point rigoureuse, et il est nécessaire de placer tout l'appareil dans une pièce aussi obscure que possible, afin de ne pas être gêné par la lumière extérieure. Il est également fort utile de faire usage, dans cette opération, d'une petite lunette grossissant de deux à trois fois, pour que la mise au foyer corresponde aux détails les plus délicats de la préparation.

La seconde condition, plus importante à réaliser que la première, consiste dans le choix de test-objets en harmonie avec la puissance de l'objectif. Lorsqu'on donne à la chambre noire une assez grande longueur, l'image semble en effet rester au point pour des positions très-différentes de l'écran, et ce n'est qu'en examinant des préparations, dont les détails ne sont visibles qu'avec peine au moyen de l'objectif dont on fait usage, que l'on parvient à faire cette correction d'une manière bien rigoureuse. S'il est facile de trouver, parmi les navicules, des test-objets convenables pour les forts grossissements, cela devient moins aisé pour les numéros plus faibles, et l'emploi du micromètre de Nobert, dont il a déjà été question, serait ici de la plus grande utilité. Cet instrument consiste en trente groupes de lignes très-fines, tracées au diamant sur

une lame de verre et disposées comme des portées de musique. Les lignes qui composent chaque portée, équidistantes entre elles, varient d'un groupe à l'autre par leur écartement, de sorte que le premier renfermerait 443 lignes, si sa largeur était de 1 millimètre, tandis que le trentième en contiendrait 3600. Ce micromètre constitue ainsi une série de test-objets de plus en plus difficiles à résoudre, selon le groupe que l'on examine, et il est toujours facile d'en trouver un qui se prête d'une manière convenable à un objectif déterminé.

Mais on pourra suppléer à cet instrument trop dispendieux par des préparations de navicules ou d'autres objets bien choisis : ainsi, les plumules de certains insectes, qui sont couvertes de stries croisées dont l'écartement varie, selon les espèces, de 8 à 30 dix-millièmes de millimètre, conviennent très-bien pour les objectifs d'une puissance moyenne, tels que les nos 2, 3 et 4 ; enfin, pour les grossissements inférieurs à ceux qui précèdent, les test-objets doivent posséder des détails moins délicats, et ils seront pris avec avantage parmi les organes élémentaires des végétaux. Les vaisseaux des fougères, les trachées, les cellules rayées, etc., présentent des stries ou des ponctuations dont la dis-

tance varie de 2 millièmes à 1 centième de millimètre, et qui sont toujours assez fortement accusées pour se dessiner avec netteté. Le tableau suivant indique la distance moyenne qui sépare les stries d'une série de test-objets choisis parmi des corps de diverses natures; il s'en trouvera toujours un en rapport avec la puissance de l'objectif.

	Stries transversales.	Stries longitudinales.
Trachées du *Gunneria scabra*	0,0100	
Vaisseaux ponctués de fougère	0,0100	
Vaisseaux ponctués du *Gunneria scabra*	0,0070	
Écailles du *Colias Rhamni*	0,0032	0,0010
— *Bombyx dispar*	0,0025	0,0010
Trachées du jonc (les plus petites) ..	0,0021	
Écailles du *Lepisma saccharinum* ...	0,0017	
— *Pieris Brassicæ*	0,0016	0,0010
— *Lycæna Argus*	0,0014	0,0015
Pleurosigma balticum	0,00098	0,00098
Navicula attenuata	0,00090	0,00075
Ecailles du *Podura plumbea*	0,00080	
Fibres musculaires du lézard	0,00052	
Pleurosigma angulatum	0,00042	

Dans beaucoup de ces test-objets, la distance qui qui sépare deux stries consécutives n'est pas constante sur les divers échantillons; les nombres contenus dans ce tableau correspondent à la moyenne de plusieurs déterminations faites sur les plus gros et sur les plus petits individus. On n'a pas non

plus tenu compte, ni de l'épaisseur des stries, ni de la largeur des espaces qui les séparent, ce qui a cependant une assez grande influence sur la difficulté que l'on éprouve à en apprécier les détails (1). C'est ainsi, par exemple, que les stries des fibres musculaires se voient plus facilement que celles du *Pleurosigma balticum*, bien qu'elles soient plus rapprochées que celles de cette diatomée. La manière dont a été obtenue la préparation modifiant, comme on le verra plus loin, les conditions de l'observation, il nous a paru préférable de classer ici ces test-objets d'après la distance de leurs stries; ils devraient occuper un ordre un peu différent, si l'on avait égard à la difficulté de les résoudre.

Il ne faudrait pas croire cependant que, ces corrections une fois effectuées, on pût se dispenser d'interposer le liquide coloré pendant l'impression de la plaque sensible. Bien que le maximum d'action chimique se trouve placé dans la lumière bleue, les rayons d'une couleur différente sont loin d'être inactifs, et, de plus, on rencontre encore une action

(1) En divisant l'unité par chacun des nombres de ce tableau, on obtiendra le nombre de stries contenues dans un millimètre pour ces divers test-objets.

chimique très-puissante dans les rayons ultra-violets, qui ne sont pas lumineux. Il est donc nécessaire de limiter l'action de la lumière à celle qu'exerce une seule espèce de rayons, la netteté de l'épreuve se trouvant ainsi augmentée d'une manière très-notable. On voit par là que la durée de l'impression doit être plus considérable, puisqu'on élimine ainsi beaucoup de lumière active ; mais le ralentissement que subit l'opération est presque toujours assez faible pour qu'on n'ait pas à s'en préoccuper. Ce n'est que dans le cas où l'on fait usage d'une source de lumière peu intense, telle que la lumière diffuse ou certaines lumières artificielles, que l'emploi d'un milieu coloré devra être abandonné. Dans ces conditions, il sera cependant avantageux d'effectuer la correction qui vient d'être indiquée ; la netteté de l'épreuve sera d'autant plus grande, que la mise au point aura été déterminée pour les rayons les plus actifs qui font partie de la lumière blanche.

CHAPITRE II.

DES PRÉPARATIONS MICROSCOPIQUES.

La préparation des objets microscopiques, déjà si délicate pour se prêter à de bonnes observations, exige, dans les expériences photographiques, des soins bien autrement minutieux qui en augmentent souvent la difficulté. S'il est presque toujours indifférent au micrographe d'avoir, à côté de l'objet qu'il étudie, des substances étrangères dont il lui est toujours aisé de faire abstraction, il n'en est pas de même lorsque la préparation doit être reproduite par des moyens photographiques qui ne font jamais grâce de rien. Les corps accessoires apparaissent sur l'épreuve aussi bien que l'objet principal, et produisent toujours l'effet le plus désagréable.

De plus, une préparation médiocre suffit, dans bien des cas, à une excellente observation; il est souvent inutile qu'un même objet présente avec une égale netteté les divers détails que l'on cherche à étudier; et le micrographe se fait une idée très-nette de la structure d'un corps en examinant, sur des individus différents, les portions diverses qui

en constituent l'ensemble. Bien qu'il soit souvent indispensable d'avoir recours en photographie à cette manière de procéder, on devra cependant ne l'employer qu'en dernière ressource et lorsqu'il ne sera pas possible de faire autrement ; mais, avec des soins et surtout de la patience, on parviendra souvent à réunir sur une même préparation toutes les qualités nécessaires à une bonne reproduction : c'est là un point capital, dont la réalisation complète exige, de la part de l'opérateur, une certaine habileté et beaucoup d'expérience.

On trouve, il est vrai, aujourd'hui, dans le commerce, des séries de préparations microscopiques qui ne laissent rien à désirer sous le rapport de leur perfection, et qui conviennent admirablement aux reproductions photographiques ; mais si l'on peut former ainsi, avec la plus grande facilité, des albums d'un grand intérêt, on reconnaîtra que ce n'est pas en cela que consiste l'application sérieuse de la photographie aux études micrographiques, et les services qu'elle est appelée à rendre seraient bien limités, si l'on était toujours forcé d'avoir recours aux mains habiles des préparateurs spéciaux. Aussi, pour bien réussir dans les expériences de cette nature, est-il beaucoup plus indis-

pensable de posséder à fond les connaissances qu'exige le maniement du microscope que d'être initié aux manipulations, cependant délicates, de la photographie. S'il est toujours possible de s'aider des secours d'un photographe habile, on n'obtiendrait jamais que des résultats bien défectueux, si l'on n'était capable d'apprécier d'une manière complète tous les détails qui sont du ressort du micrographe.

Malgré l'importance que l'on doit attacher à la préparation des objets microscopiques, la description détaillée de toutes les méthodes usitées ne saurait trouver ici sa place. Chaque objet exige, pour ainsi dire, un traitement spécial, selon sa nature, et il est difficile d'indiquer à priori des règles générales à cet égard. Il est cependant indispensable de donner sommairement quelques renseignements pratiques, applicables aux cas les plus fréquents, en laissant aux opérateurs le soin d'apprécier les conditions qui conviennent le mieux aux recherches spéciales qui feront l'objet de leurs études.

Les préparations microscopiques s'obtiennent de diverses manières, selon le but que l'on se propose d'atteindre. Les unes, extemporanées, n'exigent que des opérations simples en elles-mêmes; c'est à elles

qu'on a le plus souvent recours dans les recherches de micrographie : elles suffiraient dans bien des cas pour les reproductions photographiques, si elles n'avaient l'inconvénient de s'altérer souvent avec une grande rapidité. Les secondes, destinées à être conservées, nécessitent quelques manipulations plus compliquées, mais sont bien préférables aux premières, en ce qu'elles permettent d'employer indistinctement toutes les dispositions d'appareils qui ont été indiquées dans les chapitres précédents.

Lames de verre.— Quel que soit le mode de préparation que l'on adopte, l'objet sera toujours placé sur une lame de verre qui a reçu le nom de *porte-objet*. La longueur de ces lames est généralement de 6 à 7 centimètres; leur longueur doit être telle, que chacun de leurs bords puisse être amené au-dessous de l'objectif, sans que l'on soit gêné par la pièce qui supporte le corps du microscope: on leur donne en général de 20 à 30 millimètres. Enfin leur épaisseur sera faible, mais assez grande cependant pour que la lame ne soit pas flexible, ce qui tendrait à déplacer l'objet pendant l'observation. On ne saurait être trop difficile relativement à la pureté des verres destinés à servir de porte-objet; le

moindre défaut, se trouvant amplifié par l'objectif, donnerait lieu à des taches sur l'image, et si cette condition a de l'importance pour la simple observation, elle est bien autrement nécessaire pour les opérations photographiques.

On doit, en outre, être muni de petites lamelles de verre très-minces, destinées à recouvrir la préparation, et qui, pour cette raison, sont désignées sous le nom de *couvre-objet*. Elles seront choisies de diverses épaisseurs, selon la longueur focale des objectifs, les plus minces étant destinées aux plus puissants.

Liquides conservateurs. — A l'exception d'un nombre de cas très-restreint, les objets que l'on étudie doivent toujours être contenus dans un liquide qui remplit des usages multiples et dont le choix est d'une très-grande importance. En premier lieu, ce liquide ne doit agir, sur la substance qui s'y trouve plongée, ni par ses propriétés physiques, n par son action chimique. L'eau pure, par exemple, exerce une influence d'ordre physique sur les grains de pollen qui se gonflent par endosmose, et ne tardent pas à éclater. On choisira, dans ce cas, une liqueur dont la densité soit telle qu'il y ait équilibre

endosmotique entre le nouveau milieu et le contenu de la cellule pollinique. On pourra faire usage, dans ces conditions, d'une solution de gomme arabique, de sucre ou de dextrine; le sérum du lait, la glycérine, sont également d'un emploi fort utile : mais il est nécessaire de déterminer par quelques tâtonnements la concentration la plus convenable, afin de ne pas produire un inconvénient inverse à celui que l'on veut éviter, une exosmose du liquide intérieur qui aurait pour effet de contracter et de plisser la membrane enveloppante.

D'autres fois un liquide devra être rejeté à cause de l'action dissolvante qu'il exerce sur certains objets ou sur quelques-uns de leurs éléments: c'est ce qui arrive, par exemple, pour les globules sanguins, qui disparaissent rapidement dans l'eau distillée; les acides faibles attaquent plusieurs substances minérales; l'éther et la benzine dissolvent les corps gras, etc. Cependant l'action chimique de ces liquides est souvent utilisée, comme on le verra plus loin, pour la préparation des objets microscopiques, et rend de fréquents services, en permettant d'isoler aisément des éléments qu'on aurait beaucoup de peine à séparer par des moyens mécaniques.

La seconde condition que doit remplir le liquide

qui baigne l'objet est de posséder un pouvoir réfringent, à peu près égal à celui de l'objet lui-même. Si l'on observe, en effet, dans l'air un corps très-réfringent, tel qu'un cristal éclairé par transparence, ses contours paraissent toujours plus ou moins noirs et opaques, à cause de la réfraction qu'il produit et qui exerce sur une partie des rayons lumineux une déviation suffisante pour qu'ils ne pénètrent plus dans l'objectif. Mais si l'on plonge le cristal dans un liquide quelconque, son indice de réfraction sera diminué de celui du nouveau milieu, de sorte qu'un plus grand nombre de rayons efficaces arriveront sur la surface de la lentille; les détails de l'objet paraîtront ainsi plus nets et surtout plus lumineux. On voit, d'après ces quelques mots, qu'à chaque objet conviendra un liquide spécial, et l'expérience seule donnera sur ce point des indications précises. L'eau, les huiles fixes ou essentielles, le baume du Canada, la glycérine, les dissolutions de matières incristallisables, sont employés selon la nature de la préparation, et dans le choix du milieu le plus convenable consiste la plus grande condition du succès.

Au point de vue des reproductions photographiques, cette influence du liquide environnant a

une grande importance, et devra être étudiée avec le plus grand soin ; elle rend compte de quelques faits assez surprenants au premier abord, et qui trouvent une explication très-simple dans l'action exercée par le milieu qui baigne l'objet.

On observe, en effet, que la préparation d'une substance réfringente, un grain de fécule par exemple, dont les contours sont très-lumineux lorsqu'on fait usage d'un objectif puissant, donne une image obscure sur les bords lorsqu'on diminue le grossissement. Dans ce dernier cas, les objectifs, se trouvant plus éloignés de l'objet, recevront une plus petite quantité des rayons déviés par le corps transparent, ce qui tient à ce que leur diamètre ne varie pas proportionnellement à la longueur focale, et les bords de l'image seront d'autant moins éclairés, que le foyer de l'objectif sera plus considérable. On voit, d'après cela, que le pouvoir réfringent du liquide interposé devra, pour une même préparation, être d'autant plus grand, que l'on fera usage d'une lentille d'un plus faible pouvoir amplifiant. L'emploi des substances solubles dans l'eau permet d'ailleurs de régler cette influence dans de certaines limites, par la concentration plus ou moins grande des dissolutions.

Un autre avantage de l'emploi des liquides consiste dans la transparence qu'ils communiquent mécaniquement aux objets, et qui en facilite l'observation. Leur action est à cet égard très-variable selon leur nature ,et dépend de la facilité avec laquelle le corps se laisse pénétrer. Toutefois la transparence que la préparation acquiert sous leur influence est essentiellement liée à la cause qui vient d'être indiquée; mais on ne doit pas perdre de vue que si, dans la plupart des cas, il convient de la porter à son maximum, il est aussi quelquefois utile de conserver leur opacité à certains objets trop diaphanes. C'est ce qui arrive, par exemple, pour les écailles de plusieurs papillons, pour quelques navicules extrêmement transparentes, dont la reproduction photographique est facilitée par l'emploi d'un liquide peu réfringent ou même par l'observation directe dans l'air. Ce cas est cependant beaucoup plus rare et moins général que le précédent.

Dissection, *injections*. — Quand les objets qu'il s'agit d'étudier ne se trouvent pas naturellement isolés les uns des autres, il faut avant tout, soit séparer par des procédés mécaniques les divers éléments que l'on veut examiner, soit en obtenir des

sections d'une ténuité suffisante pour qu'elles puissent se prêter à l'observation. Dans bien des cas, pour les tissus demi-solides, par exemple, il suffit de racler à l'aide d'un scalpel la surface du corps à examiner, et de placer entre deux lames de verre la petite quantité de matière ainsi obtenue; d'autres fois on enlève un petit lambeau de la substance, que l'on écrase ensuite entre les deux lames sans crainte d'en altérer les éléments. Mais le plus souvent il est utile d'avoir recours à une véritable dissection préliminaire pour isoler les unes des autres les substances que l'on doit particulièrement observer.

Cette opération, qui exige une éducation spéciale, est toujours assez difficile à exécuter, mais elle conduit plus sûrement que toute autre méthode à des résultats certains, rien n'étant alors livré au hasard. La dissection s'effectue sous un microscope d'un faible pouvoir amplifiant, ordinairement à l'aide de simples aiguilles fines ou de petits instruments appropriés aux diverses exigences qui se présentent. Avec très-peu d'habitude on parvient à dissocier ainsi les divers éléments anatomiques des tissus végétaux et à les isoler les uns des autres; mais pour bien des tissus animaux le travail est plus délicat et demande une très-grande habileté.

On facilite presque toujours la séparation d'organes juxtaposés, par une macération longtemps prolongée dans l'eau pure ou dans les acides étendus : c'est ainsi que l'on parvient à isoler sans peine les diverses couches des tissus végétaux et même leurs organes élémentaires. On verra plus loin combien l'usage de certains réactifs chimiques simplifie encore ces opérations.

Pour apprécier la richesse vasculaire des organes dans lesquels circulent les fluides de l'économie animale, il est indispensable d'user de quelques artifices, susceptibles de rendre les vaisseaux plus apparents par une coloration plus ou moins intense.

Certains liquides, comme le sang, étant fortement colorés, il suffit de les maintenir dans les vaisseaux, en les coagulant, pour avoir une sorte d'injection naturelle. Une solution étendue de bichromate de potasse jouit de la propriété de conserver la forme et la couleur des cellules sanguines ; mais elle n'agit qu'à une très-faible profondeur dans les tissus, 1 millimètre environ. Ce pouvoir limité n'empêche pas cette substance de rendre de très-grands services ; on l'utilise précisément pour des organes qui, à cause de leur ténuité, ne sauraient

être soumis à une injection artificielle, par exemple pour la rate des plus petits poissons, des petits oiseaux chanteurs, de la souris, etc.

Les injections artificielles, nécessaires en anatomie microscopique, seront faites à la main : on se servira de petites seringues de laiton ou de maillechort, munies de canules de formes et de grandeurs différentes. Quant aux liquides qui doivent pénétrer les vaisseaux, voici les formules dont se servent aujourd'hui la plupart des anatomistes, pour les injections bleues et rouges. On obtient une belle couleur bleue soluble, en pulvérisant ensemble, dans un mortier, parties égales d'acide oxalique et de bleu de Prusse : 20 grammes, par exemple, pour 350 grammes d'eau distillée, et on mélange le tout avec une solution de gélatine.

Le carminate d'ammoniaque est généralement usité pour les injections rouges. 2 grammes de carmin dissous dans 200 grammes d'eau distillée, grâce à l'addition d'une petite quantité d'ammoniaque, donnent une coloration très-intense à la solution ordinaire de gélatine.

Les matières colorantes nouvelles, dérivées de l'aniline, seront aussi d'un usage fort avantageux; leur dissolution se fait avec la plus grande

facilité dans l'eau légèrement alcoolisée ou même dans l'eau pure, et l'on pourra choisir des nuances, telles que le bleu ou le violet, dont le pouvoir photogénique, plus intense que celui du rouge, se prêtera beaucoup mieux aux reproductions photographiques.

Enfin, il est quelquefois utile de pouvoir étudier dans son ensemble une coupe d'un objet, obtenue dans une direction déterminée. Un grand nombre d'instruments, toujours assez compliqués, ont été indiqués pour pratiquer des coupes d'une épaisseur extrêmement faible, avec une précision mathématique; mais ces divers systèmes tiennent bien rarement les avantages qu'ils promettent, et sont souvent d'un usage incommode. Aussi les micrographes préfèrent-ils l'usage d'un simple rasoir bien tranchant, qui remplace presque toujours ces instruments dispendieux.

Si le corps dont on veut obtenir une section est trop mou, on augmente sa dureté par une macération dans des réactifs spéciaux, dont il sera question plus loin; s'il est très-dur, on fera usage de ciseaux de graveur ou de petits rabots pour en enlever des copeaux; enfin, s'il est d'une consistance suffisante, comme celle d'une tige de bois, l'opération devient

assez aisée. Il est presque toujours plus commode d'effectuer sous l'eau ces sections délicates, qui se font ainsi avec beaucoup plus de facilité. Chaque opérateur se créera d'ailleurs à cet égard une foule de petits moyens spéciaux, parmi lesquels les meilleurs sont toujours les plus simples; mais quel que soit le procédé que l'on adopte, on ne devra pas se dissimuler que, sur un grand nombre de coupes, quelques-unes seulement conviendront aux observations microscopiques, et un bien petit nombre aux reproductions photographiques.

Il est enfin quelques préparations qui, par leur nature, sont au-dessus des ressources dont dispose habituellement le micrographe. Tels sont les coupes très-minces et étendues du tissu osseux, des dents, etc., certains objets destinés aux expériences de polarisation, qui exigent un outillage compliqué et une main exercée à ce genre de travail. Dans ces cas très-limités, il sera préférable, sous tous les rapports, de recourir à l'habileté si connue des préparateurs spéciaux.

Emploi des réactifs. — Il est une autre série de moyens très-précieux dont on use journellement, et qui rendent des services de différents ordres; ils

consistent dans l'emploi des réactifs chimiques qui, associés aux procédés qui viennent d'être indiqués, augmentent, dans de larges limites, les ressources dont dispose le micrographe. D'une part, en effet, ces agents font naître des phénomènes particuliers qui permettent de découvrir, sous le microscope, la nature de certains principes avec autant de sûreté que le fait le chimiste dans son laboratoire. D'autres fois, ils donnent lieu à des colorations spéciales qui rendent plus visibles telles ou telles substances, trop diaphanes dans leur état normal pour être facilement étudiées. D'autres fois, enfin, ils séparent par leur action dissolvante, certains éléments de principes auxquels ils étaient mélangés, et opèrent ainsi une sorte de dissection naturelle avec beaucoup plus de perfection qu'on ne le ferait par toute autre méthode.

Ces réactifs s'emploient de diverses manières, selon le but que l'on se propose d'atteindre. Dans bien des cas, c'est sur le porte-objet lui-même qu'on les met en contact avec la substance à étudier. La méthode la plus commode consiste à déposer sur le bord du couvre-objet une goutte du réactif, qui ne tarde pas à pénétrer par capillarité entre les deux lames de verre, où elle exerce alors son influence. On

suit ainsi, l'œil sur le microscope, les progrès de la réaction, et on l'arrête à un moment opportun, en appliquant de la même façon une goutte d'eau distillée. Quelquefois cependant l'agent chimique exige, pour produire son effet, soit un contact longtemps prolongé avec la substance, soit l'influence d'une température élevée; il est alors nécessaire de faire subir une macération aux objets avant de les préparer sur une lame de verre. On se sert dans ce cas de petits tubes fermés par un bout, dans lesquels on chauffe le liquide pour augmenter l'énergie de son action.

Une des substances le plus généralement employées est l'acide acétique, qui donne beaucoup de transparence à la plupart des objets qu'il n'altère pas ; il exerce, de plus, sur quelques éléments, une action dissolvante qui en facilite l'élimination dans le cas où ils gêneraient dans une préparation. C'est ainsi qu'il dissout le carbonate de chaux qui incruste souvent certaines végétations aquatiques. Dans l'étude des sédiments urinaires, il est d'un emploi presque indispensable : il permet, en effet, de séparer l'oxalate de chaux, sur lequel il est sans action, du phosphate ammoniaco-magnésien, qu'il dissout facilement; il transforme les urates

insolubles, ordinairement amorphes, en acide urique, qui cristallise alors en formes très-élégantes. Enfin, dans les observations relatives aux liquides de l'organisme, il donne un moyen de séparer les globules blancs du sang des globules rouges; il agit d'une manière spéciale sur les globules de pus, etc.

Parmi les acides minéraux, on emploie quelquefois l'acide sulfurique, qui, suffisamment concentré, carbonise les matières organiques et les rend ainsi plus visibles. L'acide azotique exerce une action spéciale sur les matières albuminoïdes, auxquelles il communique une couleur jaune; il sert également à augmenter la consistance de certains tissus, le tissu nerveux, par exemple, dont il serait impossible d'obtenir des coupes suffisamment minces dans son état normal. L'acide chlorhydrique faible sert à dissoudre les sels calcaires; enfin, l'acide chromique en solution étendue colore en jaune la peau des animaux les plus délicats, les vaisseaux capillaires, etc.

Les solutions alcalines ne sont pas d'un usage moins important: elles agissent sur les matières grasses en les saponifiant, et les rendent solubles dans l'eau; elles dissolvent les matières protéi-

ques, et isolent d'une manière très-nette certains éléments anatomiques que la dissection la plus minutieuse serait incapable de séparer. C'est ainsi qu'une liqueur alcaline bouillante détruit avec rapidité la substance organique qui enveloppe les spicules calcaires des spongiaires et des polypiers, ou les carapaces siliceuses des diatomées ; quelques lavages suffisent ensuite pour obtenir ces corpuscules dans un état de propreté irréprochable. Une solution faible de potasse est aussi d'un usage assez fréquent pour dissoudre les matières amylacées et isoler quelques tissus végétaux sur lesquels elle est sans influence. L'action des alcalis est quelquefois lente à se manifester, et comme ces agents se carbonatent rapidement au contact de l'air, il faut laisser macérer la substance dans de petits tubes de verre bouchés.

La teinture d'iode, ou mieux une solution de ce corps dans l'eau additionnée d'iodure de potassium, est très-souvent employée pour colorer la fécule contenue dans les végétaux ; les grains apparaissent alors d'un bleu plus ou moins intense, qui les distingue parfaitement de tous les autres éléments. Le même réactif bleuit la cellulose, lorsqu'elle a été quelque temps en contact avec de l'acide

sulfurique ; enfin il colore en jaune les matières azotées.

Beaucoup de liquides organiques neutres sont également employés dans le but de donner plus de consistance à certains tissus ou de dissoudre quelques-uns des éléments qu'ils renferment. L'alcool durcit et contracte les tubes nerveux ; la benzine et l'éther dissolvent les matières grasses, etc. Il est toujours important, lorsqu'on doit faire usage d'un liquide insoluble dans l'eau, de dessécher préalablement les objets, ou de les laver avec un liquide intermédiaire, à la fois soluble dans l'eau et dans le liquide employé. L'alcool, par exemple, sert ordinairement d'intermédiaire entre l'eau et l'éther.

On a assez souvent recours à quelques dissolutions salines, soit à cause de l'action qu'elles exercent, soit pour éviter les effets nuisibles de l'eau pure. Le chlorure de sodium, par exemple, rend très-visibles les stries des fibres musculaires. Le phosphate et le sulfate de soude, en dissolution dans l'eau pure ou mélangés à de la glycérine, sont fréquemment utilisés pour l'étude des corpuscules sanguins que l'eau altère très-rapidement. Quelquefois aussi on se sert, pour les études de physiologie animale, du sérum

du lait ou du sang, qui conviennent très-bien pour l'examen des globules organisés.

L'emploi des matières colorantes est aussi d'un très-fréquent usage. Le carmin dissous dans l'ammoniaque est, à cet égard, la substance la plus généralement usitée. Il jouit de la propriété de pénétrer un grand nombre de substances en opérant une véritable teinture ; si, après son action, on entraîne l'excès de carmin par une goutte d'eau, l'objet se trouve coloré en rose et se dessine sur un fond blanc.

On peut tirer un utile parti de cette action pour la photographie, dans un grand nombre de cas où l'objet est trop transparent pour se détacher vigoureusement sur le fond. L'usage du carmin possède cependant quelques inconvénients, auxquels il est facile de remédier en lui substituant d'autres matières colorantes. Sa réaction, nécessairement alcaline, est une cause d'altération pour un grand nombre de matières animales ; de plus, la couleur rouge qu'il communique aux objets est souvent peu favorable, à cause de son faible pouvoir photogénique. Il est alors préférable de se servir des couleurs d'aniline qui donnent facilement des dissolutions neutres ou acides, et dont on peut choisir la nuance,

depuis le rouge le plus brillant jusqu'au bleu le plus pur.

Enfin, dans bien des cas, l'action d'un agent antiseptique sera appliquée avec succès à la conservation de quelques préparations très-altérables. Beaucoup de tissus animaux sont quelquefois détruits avec rapidité, par la naissance d'une multitude de vibrions qui les dévorent; on s'oppose à cet accident par l'emploi du chlorure de zinc ou de l'eau créosotée. On obtient une liqueur très-convenable en agitant vivement, pendant quelques instants, dans un flacon, avec une petite quantité de créosote, le liquide qui doit servir à la préparation, et en le filtrant ensuite pour séparer la portion qui ne s'est pas dissoute.

Parmi des moyens d'action aussi variés, l'expérience servira de guide pour le choix de ceux qui conviendront à tel ou tel cas ; mais il ne faudrait pas croire que, lorsqu'on aura déterminé les conditions qui se prêtent le mieux à un objet donné, il soit toujours facile d'obtenir du premier coup un résultat satisfaisant. Si, pour certains corps, la préparation s'effectue pour ainsi dire d'elle-même, il est d'autres fois nécessaire d'y revenir à plusieurs reprises avant d'en obtenir une qui réalise les exigences de

la photographie. Le hasard a toujours une assez large part dans le résultat définitif, et si l'habileté de l'opérateur est un des principaux éléments du succès, elle devra toujours être secondée par la patience et la persévérance.

Préparations extemporanées. — Le cas le plus simple qui se présente dans la préparation des objets microscopiques est celui où il s'agit d'étudier des corpuscules en suspension dans un liquide. Il suffit, dans ces circonstances, de déposer sur le porte-objet, une goutte du liquide et de la recouvrir d'une lamelle mince, en évitant d'emprisonner des bulles d'air. Le principal écueil, auquel n'échappent guère les commençants, consiste en ce qu'on obtient souvent une préparation contenant un trop grand nombre d'objets; il est indispensable, pour en bien apprécier la forme et la structure, que chacun d'eux soit complétement isolé de ses voisins; il faut alors ajouter à la préparation une petite quantité d'un liquide convenablement choisi, pour isoler les uns des autres les divers éléments solides. L'eau distillée est ordinairement employée sans inconvénients, mais comme dans quelques cas elle pourrait exercer une action facheuse sur la préparation, il est préférable de faire

usage du liquide lui-même qui baignait la substance à examiner; il suffit d'en filtrer quelques gouttes dont l'addition ne saurait être une cause d'altération.

D'autres fois, le liquide contient trop peu de matériaux solides pour se prêter à une préparation aussi simple; il est alors utile, soit de décanter la liqueur après un repos suffisamment prolongé et de n'examiner que le dépôt, soit d'en filtrer une portion après avoir agité la masse, et de soumettre à l'examen les dernières gouttes qui restent sur le filtre. Cette manière d'opérer est usitée, par exemple, pour l'étude des sédiments urinaires et de la plupart des produits pathologiques.

Toutes les autres substances, qu'elles soient sèches ou humides, sont placées sur le porte-objet et baignées dans un liquide d'un pouvoir réfringent plus ou moins considérable, selon les cas. L'eau pure, la glycérine, l'eau sucrée, l'acide acétique, sont d'un usage général à cet égard; mais si la matière se trouve préalablement imbibée d'un liquide insoluble dans l'eau, on se servira d'essence de térébenthine, d'huile de naphte, d'alcool, etc.

Enfin, dans quelques circonstances peu nombreuses, l'observation peut être faite sans qu'il soit

nécessaire d'avoir recours à un liquide. Les plumules transparentes de quelques papillons, certaines diatomées très-diaphanes, sont dans ce cas. On place ces objets à sec entre les deux lames de verre, et l'on assujettit la lamelle par un fragment de cire ou par tout autre moyen.

Il arrive souvent que le corps à examiner possède une certaine épaisseur qui s'oppose à ce que la lamelle qui le recouvre prenne d'elle-même une position parallèle à celle du porte-objet, de sorte que la couche liquide n'a pas la même épaisseur dans les divers points de sa surface. On éviter cet inconvénient en plaçant dans la préparation des débris d'une matière quelconque, un peu plus épais que l'objet à étudier, tels que des fragments de cheveux ou de fils, de petits morceaux de papier, etc. Mais dans ces cas il est préférable d'avoir recours à de petites cellules que l'on peut construire de diverses manières avec la plus grande facilité.

Le procédé le plus simple consiste à coller sur le porte-objet, à l'aide d'un peu de vernis, de petites lames minces d'étain ou de plomb percées d'une ouverture circulaire ; il est utile d'en avoir de diverses épaisseurs, depuis celle du papier d'étain qui sert à envelopper le chocolat jusqu'à un milli-

mètre environ. On forme aussi des cellules très-commodes, comme on le verra plus loin, en traçant sur la lame de verre, un cercle ou un rectangle avec un vernis plus ou moins consistant, selon la profondeur que l'on veut donner à la cellule. Enfin, des anneaux de verre, coupés au diamant dans un tube et usés sur un grès, fournissent encore un moyen d'obtenir des auges de diverses profondeurs, qui rendent de très-grands services. Il est facile, quand on fait usage de ces instruments accessoires, de s'opposer à l'évaporation du liquide qui baigne la préparation, en enduisant d'un peu de suif le bord supérieur de la cellule, qui se trouve alors hermétiquement close par le couvre-objet.

De même qu'il est quelquefois utile d'éviter de comprimer un objet afin de ne pas altérer sa forme naturelle, d'autres fois, au contraire, il est nécessaire d'exercer sur lui une pression plus ou moins intense, de manière à l'aplatir ou même à l'écraser entièrement. Ce cas se présente, par exemple, dans l'étude de beaucoup d'infusoires, dont les divers organes ne sont rendus visibles que par cet artifice. On a recours pour atteindre ce résultat à un petit instrument qui a reçu le nom de *compresseur*. Imaginé par Purkinje, cet appareil a reçu depuis son

invention de nombreux perfectionnements qui le rendent aujourd'hui d'un usage très-fréquent et très-commode. La disposition la plus généralement adoptée est celle de Schieck, qui permet de produire une pression graduelle à l'aide d'une vis appliquée à l'extrémité d'un bras de levier. On modère ainsi à volonté l'action exercée sur l'objet, pour s'arrêter au point convenable en suivant, à l'aide du microscope, les effets de la compression.

D'autres fois, on pourra, par un usage convenable du compresseur, se borner à gêner les mouvements trop rapides de certains infusoires vivants et les réduire à des limites qui ne dépasseront pas celles que peut aborder la rapidité de l'impression photographique. Enfin, il arrive aussi que des corpuscules, inertes par eux-mêmes, flottent dans le liquide qui les baigne à la faveur de quelques substances plus volumineuses qui empêchent le couvre-objet de s'appliquer sur leur surface ; c'est ce qu'on observe, par exemple, dans l'examen des grains de fécule, si variables dans leur dimension ; les plus gros sont ordinairement immobiles, tandis que les plus petits nagent librement jusqu'à ce qu'ils rencontrent un obstacle qui les arrête ; ici encore le compresseur sera d'une grande utilité.

[illegible] est appelé à rendre des [illegible] à fait opposé en per- [illegible] circonstances, d'éviter [illegible] qui pourrait résulter, [illegible] du simple poids des [illegible] Dans ces conditions, il sera bon [illegible] spécial construit par [illegible] les deux lames conservent [illegible] parallèle. Cette modifi- [illegible] comprimer d'une ma- [illegible] régulière les corps un peu [illegible] glisser sous l'influence [illegible]

[illegible] des corps opaques exige beau- [illegible] que celle des objets [illegible] généralement consi- [illegible] de les manier avec plus [illegible] l'interposition d'un liquide est [illegible] nuisible qu'utile. Il suffit de dépo- ser la substance sur le porte-objet, où on la fixe par une petite quantité d'une matière visqueuse, si son volume est assez grand pour qu'on ait à craindre un déplacement. On la recouvre enfin d'une lamelle mince pour la protéger contre la poussière et les agents extérieurs. Dans ces conditions, l'usage des

cellules, dont il a été question plus haut, sera presque toujours de la plus grande utilité.

Les méthodes qui viennent d'être indiquées sont celles dont les micrographes se servent ordinairement dans leurs recherches; mais elles possèdent plusieurs inconvénients qui les rendent quelquefois insuffisantes pour les opérations photographiques. Le plus grave provient de la mobilité du couvre-objet, qui limite l'emploi de ces préparations aux cas où le microscope conserve sa position normale dans l'appareil photographique. De plus, la chaleur concentrée sur l'objet par le système éclaireur, volatilise en peu de temps le liquide qui le baigne, et la pénétration de l'air entre les deux lames de verre rend la préparation hors de service. On est alors obligé de l'humecter de nouveau en plaçant une goutte de liquide sur le bord de la lamelle; mais il arrive presque toujours que l'objet se déplace pendant cette opération, et il faut en faire une nouvelle étude pour trouver le point le plus convenable.

Quelques-uns de ces inconvénients disparaissent cependant par l'emploi de certains artifices. C'est ainsi que l'usage de liquides non volatils, tels que la glycérine ou une solution de chlorure de calcium,

met à l'abri de l'évaporation. On peut aussi appliquer sur le bord de la lamelle une couche de vernis, dans le double but de la fixer sur le porte-objet et d'empêcher la volatilisation du liquide interposé; mais tous ces moyens ne remédient qu'imparfaitement à ces imperfections, et il vaut mieux recourir au procédé suivant, qui est d'une application tout à fait générale.

Préparations dans des cellules. — Cette méthode consiste à placer l'objet et le liquide conservateur dans une cellule close de toutes parts et dont l'épaisseur est exactement égale à celle de la préparation; voici de quelle manière on réalise ces conditions. Un des points essentiels est de faire usage, pour la construction des cellules, d'un vernis gras peu siccatif, capable de conserver pendant quelque temps une certaine viscosité. On obtient un très-bon vernis en mélangeant une partie de mixtion des doreurs à trois ou quatre parties d'une solution épaisse de bitume de Judée dans l'essence de térébenthine. Ce mélange sera fait par petites quantités à la fois, car il s'altère spontanément et se coagule au bout de peu de temps.

On trace au pinceau sur les porte-objets, à l'aide

de ce vernis, des cercles ou des rectangles de la dimension des lamelles minces que l'on se propose d'employer. Les cellules rectangulaires se font à la main, celles de forme circulaire s'obtiennent plus facilement encore, à l'aide d'un plateau de bois, mobile sur un axe vertical, et qui supporte la lame de verre. On laisse ensuite sécher les cellules pendant vingt-quatre heures au moins avant de s'en servir. Elles se conservent d'ailleurs pendant plus d'un mois sans rien perdre de leurs propriétés.

La préparation s'effectue alors d'une manière fort simple. On place, comme d'habitude, sur le porte-objet, le corps que l'on doit examiner déjà soumis, s'il y a lieu, à l'action des agents chimiques; on l'humecte avec une goutte du liquide qui se prête le mieux à sa conservation et on le recouvre d'une lamelle, ronde ou carrée selon la forme des cellules. Enfin, on soumet le tout à l'action d'une petite presse qui chasse l'excès de liquide et aplatit le vernis jusqu'à ce que l'objet lui-même apporte un obstacle à cette action. La pression que l'on exerce doit être assez faible pour ne pas déformer l'objet; elle sera toujours assez intense si elle agit pendant longtemps; vingt-quatre heures suffisent ordinairement pour les cas les plus difficiles. Le

couvre-objet se trouve ainsi fixé d'une manière très-solide et la préparation se conserve indéfiniment sans éprouver d'altération.

Il est cependant d'usage d'enduire le bord de la lamelle d'une couche de vernis au bitume, mais cette précaution est moins nécessaire pour la solidité que pour l'élégance de la préparation.

Quand les cellules sont construites depuis quelque temps, la substance qui les forme n'est plus assez élastique pour céder sous la pression que l'on exerce. On leur rend leur viscosité en les plaçant pendant quelques instants sur une plaque métallique, portée par une lampe à alcool à la température de 50 à 60 degrés, ou en les laissant séjourner dans une étuve modérément chauffée. On augmente aussi l'adhérence du couvre-objet en maintenant dans l'étuve la préparation pendant qu'elle est encore en presse.

Cette méthode fournit d'excellents résultats, et est très-simple dans son application. Elle peut être employée dans presque tous les cas, sauf celui, cependant, où le liquide qui baigne l'objet exercerait une action dissolvante sur le vernis qui forme la cellule ; mais il est toujours facile de remplacer l'essence de térébenthine ou l'huile de naphte, par

exemple, par d'autres liquides jouissant de propriétés analogues.

Préparations dans les baumes et les vernis. — Enfin, il est un dernier procédé, souvent usité dans la préparation des objets microscopiques, et qui a pour base l'emploi des baumes ou de certaines matières résineuses. L'avantage que présentent ces substances dépend de leur grand pouvoir réfringent et de la transparence qu'elles communiquent aux objets. Celles dont on se sert le plus souvent sont le baume du Canada, la térébenthine de Venise et le baume de la Mecque; le vernis à tableau, le vernis copal, etc., sont d'un usage moins fréquent. Les baumes seront d'abord épaissis par une évaporation au bain-marie jusqu'à ce qu'ils aient atteint une consistance cireuse; les vernis s'emploient à l'état liquide.

Quand l'objet est sec et pulvérulent, la préparation en est très-simple, mais lorsqu'il est humide, il doit être préalablement imbibé d'un liquide capable de s'unir au baume par dissolution ; une macération dans l'alcool ou, de préférence, dans l'essence de térébenthine est alors nécessaire. Pour les corps pulvérulents tels que les diatomées, les foramini-

fères, etc., le moyen le plus simple consiste à les délayer dans un peu d'eau et à déposer ensuite sur la lamelle une goutte du liquide qu'on laisse évaporer, spontanément ou sous l'action d'une douce chaleur. On place alors le porte-objet sur une plaque assez chaude pour fondre un petit fragment de baume que l'on met à sa surface; il suffit ensuite d'appliquer le couvre-objet et de presser légèrement avec le manche d'un scalpel pendant que la substance se refroidit. La préparation est alors terminée et, au bout de peu de temps, le baume solidifié rend intime l'adhérence des deux lames de verre. Dans beaucoup de circonstances cependant, il est utile d'exercer une pression continue sur la préparation maintenue dans une étuve.

Les préparations dans les vernis ne présentent rien de particulier. Il est seulement indispensable de passer une couche de ces substances sur le bord de la lamelle et de renouveler pendant quelques jours cette opération jusqu'à ce que la dessiccation s'oppose à la rentrée de l'air entre les deux lames.

L'usage de ces moyens convient très-bien aux corps peu transparents ou très-réfringents, mais il est plus nuisible qu'utile pour ceux qui sont très-diaphanes; il serait, dans ce cas, quelquefois im-

possible d'observer certains détails qui se voient très-bien dans d'autres conditions.

Étude des préparations. — Quand on aura obtenu, par un des moyens qui précèdent, une bonne préparation de l'objet que l'on étudie, il s'agit, avant tout, de déterminer les conditions les plus favorables à son observation. Il faut d'abord en examiner au microscope toutes les parties, afin d'apprécier le point qui convient le mieux à la reproduction photographique; il est utile, dans cette étude préliminaire, de faire usage d'un faible grossissement qui, en permettant d'embrasser à la fois une grande surface de la préparation, rend cette recherche bien plus facile. On choisit alors parmi les objets les plus apparents quelques points de repère, voisins des parties les mieux réussies, au moyen desquels on pourra s'orienter aisément.

Il est quelquefois très-difficile, lorsque l'objet exige un très-fort grossissement, de retrouver le point souvent unique qui convient le mieux à l'étude; on évite assez bien cet inconvénient en recouvrant d'un papier noir toutes les parties inutiles de la préparation, de manière à limiter dans un petit espace l'objet qui présente seul de l'intérêt.

on a vu aussi quelle était l'influence de l'indice de réfraction du milieu qui baigne l'objet. En général l'objectif qui convient à la reproduction photographique est celui qui se prête le mieux à l'observation dans le microscope, mais il vaut souvent mieux faire usage d'une lentille un peu plus faible, surtout lorsqu'on éclaire l'objet par de la lumière monochromatique. On obtient ainsi avec autant de netteté les détails délicats de l'objet et l'on en définit mieux les contours.

Quand il s'agit de reproduire des test-objets extrêmement petits, il est toujours utile, et souvent même nécessaire, d'avoir recours aux objectifs à immersion et de faire usage du système de correction dont ils sont ordinairement pourvus. Ce cas se présente dans la reproduction des stries si fines qui couvrent la surface de certaines navicules, mais c'est ici surtout qu'il est indispensable d'employer de la lumière bleue. Les stries des *pleurosigma angulata*, *elongata*, *attenuata*, deviennent ainsi visibles avec les objectifs n° 4 et même n° 3 de M. Nachet, tandis que dans la lumière blanche l'emploi du n° 7 est presque toujours indispensable. Pour quelques objets plus délicats encore, il faut avoir recours aux deux moyens combinés; les stries du *grammato-*

des deux valets dans la meilleure position, il suffit de remettre en place le microscope sans qu'on ait à craindre aucun déplacement.

Le choix de l'objectif qui doit servir à la reproduction est d'une très-grande importance. Il ne faudrait pas croire qu'il soit indifférent, pour obtenir par exemple une amplification de 300 diamètres, d'employer un objectif faible en faisant usage d'une longue chambre noire ou d'avoir recours à un objectif puissant en réduisant la longueur de l'appareil photographique. Le diamètre de l'objet pourra, il est vrai, avoir dans les deux cas les mêmes dimensions, mais les détails de sa structure ne seront souvent visibles que dans le second. Un effet semblable se manifeste pour les observations micrographiques, où les résultats sont bien différents selon que le grossissement est produit par l'objectif ou par l'oculaire.

L'emploi de l'oculaire, de même que l'allongement de la chambre obscure, amplifie seulement l'image, sans faire naître aucun détail nouveau, que la puissance de l'objectif est seule capable de faire apparaître. Cet effet, dont la théorie rend parfaitement compte, est lié à plusieurs causes et dépend surtout du rapport qui existe entre la distance focale de l'objectif et son angle d'ouverture;

une influence énorme sur la netteté des détails que l'on considère, et il existe toujours un point préférable à tous les autres qu'il s'agit de déterminer avec exactitude. Aussi est-il très-difficile de régler la position du miroir en observant l'image qui se dessine sur l'écran, et il est bien plus commode d'avoir recours à un oculaire pour effectuer cette opération. Il n'y a donc rien de particulier à indiquer à cet égard, si l'on adopte une des dispositions d'appareils précédemment décrites pour la production de petites épreuves, mais lorsqu'on devra obtenir directement de grandes amplifications, il est nécessaire d'employer un moyen intermédiaire pour régler la direction de la lumière. Il faut alors supprimer le prisme supérieur destiné à dévier l'image et le remplacer par un oculaire. Tout l'appareil éclaireur étant alors disposé pour l'opération photographique, on cherche, par quelques tâtonnements, l'inclinaison la plus favorable du miroir, pendant qu'on observe l'image avec l'oculaire ; le prisme est ensuite remis en place et il ne reste plus qu'à mettre l'image au foyer sur l'écran, en évitant de rien déplacer dans le système d'éclairage. Il est inutile d'ajouter que l'on doit toujours interposer des verres colorés afin de préserver l'œil d'une lumière trop vive.

CHAPITRE III.

MESURE DES GROSSISSEMENTS.

Dans un microscope composé, le pouvoir amplifiant dépend à la fois de la puissance de l'objectif et de celle du verre supérieur qui entre dans la constitution de l'oculaire; toutes les méthodes employées pour le déterminer, consistent à comparer la dimension qu'acquiert un micromètre de grandeur connu, observé dans le microscope, avec celle d'un autre objet placé dans les conditions normales de la vision. Si, par exemple, un dixième de millimètre, vu dans l'instrument, apparaît avec les dimensions d'un centimètre, le pouvoir amplifiant sera égal à 100 diamètres. La manière la plus sûre d'effectuer cette détermination consiste à dessiner, à l'aide de la chambre claire, les divisions d'un micromètre divisé en centièmes de millimètre, et à mesurer ensuite avec une règle graduée la grandeur de ces divisions.

Plusieurs incertitudes accompagnent cependant cette méthode; on éprouve, en effet, une grande difficulté à mesurer avec exactitude la distance de vision distincte à laquelle doit correspondre l'écran

qui reçoit l'image, et lors même que cette condition se trouve réalisée, on est toujours surpris de la différence qui existe entre les dimensions du dessin et celles de l'image que l'on voit dans l'appareil; aussi les dessins pris à la chambre claire possèdent-ils des dimensions plus considérables que celles de l'image vue directement dans le microscope. Pour expliquer cette anomalie, M. Ch. Robin (1) admet qu'un objet examiné à l'aide d'une loupe donne une image qui est reportée, non pas, comme on le croit généralement, à la distance de vision distincte, mais à une distance toujours plus petite, et variable, dans le cas du microscope, avec les diverses combinaisons d'objectifs et d'oculaires. Bien que l'exactitude de cette explication ne soit pas encore rigoureusement démontrée, le fait n'en paraît pas moins certain, et il est très-difficile de déterminer avec précision le grossissement réel d'un microscope composé.

Appareils à amplification directe. — La même cause d'incertitude n'existe plus dans les appareils destinés à obtenir des reproductions photographiques; ce n'est plus, en effet, une image virtuelle

(1) Ch. Robin, *Du microscope et des injections*, Paris, 1849, p. 91.

rossie par une loupe dont il s'agit d'apprécier les imensions, mais bien une image réelle dont il est oujours possible de comparer la grandeur à celle de 'objet qui la forme. Dans le cas le plus fréquent où 'amplification est assez considérable pour que 'image soit facilement observée à l'œil nu, cette étermination ne présente aucune difficulté : il suffit e mesurer directement, sur l'écran ou sur la glace épolie de l'appareil, un nombre connu de divisions 'un micromètre amplifié par l'objectif dont on echerche le grossissement. Que l'on suppose, par xemple, que pour le n° 3 de M. Nachet, 15 divisions u micromètre occupent sur l'écran une longueur e 34 millimètres, le rapport de l'image à l'objet era exprimé, en prenant le millimètre pour unité, ar $\frac{34}{0.15}$, et en effectuant le calcul, on trouve le nombre 226,6 qui indique l'amplification en diamètres. Pour avoir le grossissement en surface, il faudrait aire le carré de ce nombre ; mais cette manière de eprésenter les résultats est inusitée aujourd'hui.

Pour mesurer avec facilité sur l'écran les dimensions de l'image du micromètre, on peut se servir d'un simple compas dont on détermine ensuite l'ouverture en portant ses deux pointes sur une règle graduée, mais il est beaucoup plus commode de

substituer à l'écran ordinaire une feuille de carton blanc sur laquelle on a préalablement tracé une échelle divisée en millimètres ; une simple lecture permet alors d'obtenir très-rapidement le nombre cherché. On pourra ainsi construire, une fois pour toutes, une table indiquant le grossissement qui correspond à chaque système d'objectifs pour les diverses distances auxquelles on se propose d'opérer.

L'amplification produite par un objectif dépend, comme on le sait, de la distance qui le sépare de l'écran où se forme l'image; elle est de plus proportionnelle à cette distance, de sorte qu'une détermination, faite pour une longueur connue de chambre noire, pourrait, à la rigueur, servir à calculer le grossissement d'un même objectif pour tous les autres cas. Cette manière d'opérer présenterait cependant dans la pratique des difficultés sérieuses qui doivent faire préférer une mesure directe pour chaque condition particulière.

Dans presque toutes les dispositions d'appareils usitées pour photographier les corps microscopiques, l'objet et l'écran ont une position fixe, et la mise au point s'effectue par la mobilité de l'objectif; il en résulte que celui-ci se trouve plus ou moins éloigné de la préparation, non-seulement selon sa

distance focale, mais encore selon la longueur de la chambre noire, ce qui rend très-difficile une mesure exacte de cette dernière. Aussi est-il plus avantageux, pour la construction des tables, de choisir comme points fixes l'objet et l'écran, et d'adopter deux ou trois distances constantes et convenables pour lesquelles on déterminera une fois pour toutes le grossissement de chaque système. Dans le cas cependant où l'on aurait intérêt à mettre au foyer par le mouvement de l'objet, il sera évidemment préférable de mesurer la distance invariable qui sépare l'objectif de l'écran. Il est inutile d'ajouter que, lorsque les rayons se réfléchissent sur un prisme, cette distance sera égale à la somme des deux lignes qui, passant par les deux axes de l'appareil, se croisent sur l'hypoténuse du prisme.

Les objectifs que fournit le commerce sont désignés par des numéros dont les grossissements se correspondent d'une manière sensible pour les instruments d'un même constructeur, mais qui n'ont entre eux aucune relation pour les objectifs de divers fabricants. Il existe même, entre les mêmes numéros provenant d'un même atelier, des écarts assez notables dans le pouvoir amplifiant, de sorte qu'il n'est pas possible d'évaluer

ici, d'une manière rigoureuse, l'amplification propre aux divers objectifs généralement employés par les micrographes français. On pourra cependant consulter, à titre de renseignements, le tableau suivant, qui représente le grossissement moyen fourni par les instruments de M. Nachet et par ceux de MM. Oberhaeuser et Hartnack, pour une distance de 1 mètre, comptée entre l'écran et l'objet. Les écarts maximum, observés sur trois séries d'objectifs de ces deux constructeurs, étaient d'un quinzième environ du grossissement total pour les plus puissants et beaucoup moindre pour les systèmes plus faibles.

Numéros des objectifs.	GROSSISSEMENTS EN DIAMÈTRE. Nachet.	Oberhaeuser et Hartnack.
0	24	»
1	48	»
2	142	»
3	226	»
4	265	97
5	325	160
6	488	175
7	600	233
8	696	355
9	»	480

Appareils à petites épreuves. — Dans les appareils destinés à fournir de petites épreuves, l'ampli-

fication ne saurait être déterminée par une mesure directe, à cause de la petite dimension de l'image, ou du moins, l'emploi de ce moyen serait sujet à des causes d'incertitude qu'il est toujours utile d'éviter. Mais comme, dans ces instruments, la mise au point se fait avec un oculaire, il est facile d'arriver à une très-grande précision dans la mesure du grossissement, en se servant du micromètre oculaire qui se trouve dans presque tous les microscopes. Celui-ci consiste en une lame de verre divisée en dixièmes de millimètre et placée dans le tube de l'oculaire à une distance convenable pour qu'il soit vu nettement à l'aide du verre supérieur. Il est indispensable, pour ce cas particulier, de supprimer la lentille inférieure ou verre de champ (1), dont la présence donnerait des résultats bien au-dessous de la vérité. On diminue ainsi, il est vrai, la netteté de l'instrument et la facilité de l'observation, mais cela est ici sans im-

(1) On nomme verre de champ la lentille inférieure qui entre dans la constitution de l'oculaire. Son rôle est de rapprocher de l'axe les rayons qui la rencontrent, et de les faire entrecroiser plus tôt qu'ils ne le feraient sans son interposition ; l'image devient alors plus nette et plus lumineuse en même temps que le champ de la vision s'agrandit ; mais le pouvoir amplifiant du microscope est diminué sensiblement.

portance, puisqu'il s'agit d'une détermination passagère sans influence sur les résultats définitifs.

Les divisions du micromètre objectif étant mises exactement au foyer, avec l'oculaire destiné à la mise au point de l'image photographique, on remplace celui-ci par l'oculaire micromètre, auquel on donne une position convenable pour conserver à l'image sa netteté. On déterminera alors le rapport qui existe entre les divisions des deux graduations, ce qui permet d'obtenir le grossissement. Qu'on suppose, par exemple, que 19 divisions du micromètre objectif recouvrent exactement 91 divisions de l'oculaire, cela signifie que 19 centièmes de millimètre donnent une image égale à 91 dixièmes de millimètre. Ce grossissement en diamètre sera donc exprimé par $\frac{9,1}{0,19} = 47,9$.

On arriverait au même résultat en faisant une épreuve photographique du micromètre objectif ou d'un objet quelconque, de dimension parfaitement connue, et en mesurant ensuite avec précision la grandeur de l'image obtenue, mais cette méthode, moins sûre et moins expéditive que la première, ne devra être employée qu'à défaut des instruments nécessaires pour effectuer une mesure directe.

Il est important de remarquer ici que les ampli-

fications produites par une même série d'objectifs ne conservent plus leurs rapports selon qu'on fait usage du petit appareil, disposé pour obtenir deux épreuves sur la même glace, ou de celui destiné à en produire six. Dans le premier, en effet, le corps du microscope portant lui-même le châssis et la plaque sensible, la distance qui sépare celle-ci de l'objectif reste invariable, quelle que soit la longueur focale de ce dernier; dans le second, au contraire, le verre collodionné occupant une position fixe, la longueur du corps devient d'autant plus grande que l'objectif est plus puissant. La différence qui en résulte dans le rapport des grossissements, ne saurait être négligée quand on a besoin de mesures précises, et l'on devra construire deux tables spéciales si l'on avait un intérêt quelconque à adopter ces deux systèmes. Le tableau suivant indique, pour ces deux cas, le grossissement moyen fourni par les objectifs de M. Nachet. Dans l'appareil à longueur de corps invariable, le tube mesurait 212 millimètres comptés depuis l'extrémité du pas de vis inférieur jusqu'à la surface de la couche sensible. Dans le second, la plaque impressionnable se trouve à 210 millimètres de la platine du microscope.

Numéros des objectifs.	Grossissements en diamètre. Appareil à deux épreuves.	Appareil à six épreuves.
0	4,4	3,2
1	9,8	10,0
2	30,3	31,2
3	47,9	48,7
4	58,8	60,2
5	60,9	72,5
6	90,0	108,5
7	125,0	136,9
8	145,0	158,9

On voit, d'après ces nombres, que l'amplification, à peu près identique pour l'objectif n° 1, augmente graduellement pour l'appareil à six épreuves avec la puissance de l'objectif et diminue d'une manière très-sensible pour le n° 0.

Enfin, on doit se tenir en garde, dans la mesure des grossissements, contre une cause d'erreur relative à l'emploi des objectifs à correction. Leur pouvoir amplifiant dépend de la position de la lentille mobile, et est d'autant plus grand que le couvre-objet est plus épais. Il est donc indispensable de recourir à une détermination spéciale pour chaque condition particulière en mesurant le grossissement pour la position du système qui convient à la préparation que l'on examine. Pour arriver à une grande exactitude il serait même nécessaire de recouvrir l'objet d'une

lamelle identique par son épaisseur à celle qui a été employée pour la préparation, ou mieux encore de faire usage dans les deux cas du même couvre-objet. La différence de grossissement qui résulte des positions extrêmes de l'appareil de correction peut s'élever, dans l'objectif n° 7 de M. Nachet, à 1/8 ou 1/7 de l'amplification totale, ce qui est loin, comme on le voit, d'être négligeable même pour des mesures qui n'exigeraient qu'une médiocre précision.

CHAPITRE IV.

DES CLICHÉS PHOTOGRAPHIQUES.

Les nombreuses méthodes qui ont été successivement employées pour la formation des images photographiques peuvent être rangées en deux catégories bien distinctes, selon les résultats qu'elles fournissent. Les unes donnent, directement et sans aucun intermédiaire, des images d'une grande perfection, mais à cet avantage se trouve nécessairement lié un grave inconvénient, celui de ne pouvoir reproduire un grand nombre de fois l'épreuve obte-

nue par une première opération. Parmi ces procédés se place au premier rang la photographie sur plaque métallique, qui a été le point de départ de cette admirable découverte, modifiée et perfectionnée de mille manières depuis son origine. Plusieurs autres systèmes, fondés sur des principes essentiellement différents, conduisent à des résultats analogues, mais sont presque entièrement abandonnés aujourd'hui à cause du vice radical qui vient d'être signalé.

Les secondes méthodes, sans être plus compliquées que les précédentes, se prêtent à la reproduction indéfinie d'une image, photographiée une première fois, avec autant de facilité que le permettent la gravure ou la lithographie. Ces procédés, généralement adoptés à cause de ce précieux avantage, reposent tous sur un même principe, et ne diffèrent entre eux que par des détails qui, cependant, ont le plus souvent une importance capitale.

L'image définitive ou *positive* exige toujours pour sa production une épreuve intermédiaire à laquelle on donne le nom de cliché ou d'*épreuve négative*; dans celle-ci, comme l'indique son nom, les ombres et les lumières ont une disposition inverse à celle du modèle; par une nouvelle série d'opérations, on obtient ensuite une épreuve di-

recte ou positive sans une nouvelle intervention du modèle. Le négatif, ne jouant dans ces opérations, comme on le verra plus loin, que le rôle d'un simple écran, peut servir au tirage d'un nombre infini d'épreuves sans subir la moindre altération, quelle que soit la quantité de positifs qu'il est destiné à produire.

La perfection d'une image photographique positive doit être intimement liée, on le conçoit, à celle du cliché qui lui sert d'intermédiaire ; aussi les efforts des photographes ont-ils eu surtout pour objet le perfectionnement de l'épreuve négative. Un grand nombre de procédés successivement proposés présentent tous des avantages spéciaux selon le but que l'on se propose d'atteindre ; quelques-uns cependant ont eu le privilége de primer tous les autres à cause de leur plus grande simplicité et de la perfection des résultats qu'ils fournissent. Sans entrer ici dans la description de toutes les méthodes photographiques qui sont aujourd'hui en usage, nous décrirons sommairement celles qui s'appliquent le mieux à la reproduction des objets microscopiques, en insistant d'une manière plus particulière sur les points qui intéressent plus directement la micrographie.

1° Épreuves négatives sur collodion humide.

Du collodion. — Le principe sur lequel reposent tous les procédés photographiques consiste à recouvrir une surface homogène et transparente d'une couche uniforme d'iodure et de bromure d'argent. Ces sels, exposés à l'action des rayons lumineux, éprouvent un ébranlement moléculaire particulier qui les rend susceptibles de noircir sous l'influence de certains corps, connus sous le nom général d'agents révélateurs. La nature de la matière qui sert de support à l'iodure d'argent est de la plus haute importance; le papier, à cause du grain inhérent à sa texture, se prête mal à la reproduction d'objets très-délicats; le collodion et l'albumine, au contraire, étendus sur une lame de verre, forment une couche d'une parfaite homogénéité qui remplit à tous égards les conditions les plus favorables.

Le collodion est, comme on le sait, une dissolution de pyroxyle dans un mélange d'alcool et d'éther. Il faut, pour le rendre photographique, y ajouter une petite quantité d'un iodure et d'un bromure, solubles à la fois dans ces deux liquides. Le

grand nombre de formules diverses, qui ont été indiquées pour la préparation du collodion photographique, indique suffisamment combien sont variés les moyens d'action dont dispose la photographie. Chaque opérateur préfère, à tort ou à raison, une formule qui lui est familière, mais ce qu'on ne doit pas oublier, c'est que, bien des fois, on accuse le collodion d'insuccès qui proviennent d'une autre cause, quelquefois difficile à apprécier.

Quoi qu'il en soit, on devra autant que possible ne faire usage pour la préparation de ce produit que de substances extrêmement pures. La nature de l'alcool a surtout une grande importance; l'alcool de vin bien rectifié est celui qui convient le mieux, et l'on devra rejeter les alcools de marc ou de betterave, qui sont beaucoup plus difficiles à purifier. L'éther sera également aussi pur que possible; celui du commerce renferme presque toujours de l'alcool, qu'il faut éliminer par un lavage à l'eau, suivi d'une rectification. Enfin la nature du coton-poudre exerce aussi une très-grande influence; ce produit devra être récemment préparé, afin d'éviter la décomposition spontanée qu'il ne tarde pas à éprouver, et qui le rend impropre aux usages photographiques. Quant aux

proportions dans lesquelles doivent entrer ces divers éléments dans la composition du collodion, on adoptera avec avantage la formule suivante, qui donne un produit très-constant dans ses résultats, et conservant toutes ses propriétés plusieurs mois après sa préparation.

N° 1.	Alcool à 90°	275	centimètres cubes.
	Éther	225	—
	Pyroxyle	10	grammes.
N° 2.	Alcool à 90°	275	centimètres cubes.
	Éther	225	—
	Iodure de cadmium	5	grammes.
	Iodure d'ammonium	4	—
	Bromure d'ammonium	2	—

Les dissolutions n° 1 et n° 2 seront faites dans des flacons séparés et abandonnées au repos jusqu'à ce qu'elles soient parfaitement limpides; elles se conservent indéfiniment sans altération; il suffit de les mélanger par parties égales quelque temps avant d'en faire usage pour obtenir un très-bon collodion photographique. Les proportions qui précèdent sont loin toutefois d'être immuables; il est, par exemple, avantageux d'augmenter la dose d'alcool pendant les chaleurs de l'été pour ralentir l'évaporation du liquide, de même qu'en hiver il sera utile d'augmenter la proportion d'éther; ce sont là

ces détails pratiques que l'expérience seule peut gler et qu'il est impossible d'indiquer avec pré-sion.

Extension du collodion. — Il est avant tout né-ssaire de choisir avec soin les lames de verre qui oivent servir de support à la couche sensible. Ce hoix est surtout d'une grande importance lors-ue les négatifs sont destinés à une amplification ltérieure; un léger défaut, qui n'aurait aucun in-onvénient pour des épreuves ordinaires, rendrait nacceptable une reproduction d'ailleurs irrépro-chable sous tous les rapports.

Les glaces minces conviendraient le mieux à cet usage, si leur prix élevé n'était souvent un obstacle à leur emploi. Mais le commerce livre aujourd'hui les verres d'une très-grande pureté qui les rem-placent sans trop d'inconvénients. Parmi ces lames de verre, les plus minces sont de beaucoup les meil-leures; d'une part, elles sont généralement plus belles, et de plus, comme elles ne sont jamais par-faitement planes, elles fléchissent aisément sous une légère pression sans qu'on risque de les briser pen-dant le tirage des positifs. Leurs bords devront être usés à la meule, pour augmenter l'adhérence du

collodion et le rendre moins susceptible de se déchirer pendant les traitements ultérieurs.

Du nettoyage de la plaque dépend souvent le succès ou l'insuccès. Les glaces ayant déjà servi doivent être débarrassées du collodion adhérent et lavées avec de l'eau acidulée d'abord, puis à l'eau pure. On évitera surtout de les laisser séjourner longtemps dans l'eau ordinaire, qui recouvre leur surface d'un dépôt calcaire : elles exigeraient alors un nouveau traitement par l'eau acidulée. Après les avoir parfaitement essuyées, on les fixe entre les deux arrêts d'une *planchette à polir* et on les frotte avec un tampon de coton imprégné d'un mélange d'alcool et de tripoli très-fin. Enfin, la glace est essuyée à plusieurs reprises avec du papier de soie bien propre, et l'on termine l'opération en promenant à sa surface un blaireau spécialement destiné à cet usage. Beaucoup d'opérateurs se servent, afin d'enlever les impuretés qui peuvent encore y adhérer, d'un linge fin ou d'une peau de chamois en place de papier ; ce moyen a l'inconvénient d'électriser assez fortement le verre, qui attire alors les poussières qui voltigent dans l'atmosphère, et il faut attendre souvent assez longtemps pour que cet effet disparaisse entièrement.

L'extension du collodion est une opération plus

facile à exécuter qu'à décrire, et dont la difficulté est plus apparente que réelle. La méthode la plus simple consiste à tenir horizontalement la glace par l'angle inférieur gauche et à verser le collodion sur l'angle opposé. On amène alors le liquide, par un léger mouvement, vers la gauche, puis vers le bas, et enfin on le laisse écouler par l'angle inférieur resté libre, en redressant complétement la plaque. Pendant cet écoulement, on voit le collodion former à la surface du verre une série de stries parallèles, que l'on fait disparaître sans peine en imprimant à la glace de légères secousses de droite à gauche, qui rendent la couche parfaitement unie.

La seule difficulté que l'on éprouve au début consiste à ne verser que la quantité de collodion nécessaire et suffisante pour couvrir toute la surface du verre, mais un peu d'habitude rendra bientôt maître de cette opération. Il est bon de recueillir, dans un flacon spécial, l'excès de collodion qui s'écoule de la glace, afin de ne pas accumuler, dans celui dont on fait usage, les impuretés qui se trouvent encore sur les plaques. Ce liquide, abandonné au repos, servira sans inconvénient à de nouvelles opérations.

Sensibilisation de la couche de collodion. — La plaque collodionnée ne devient sensible à l'action de la lumière qu'après que l'on a transformé en iodure et bromure d'argent les sels qui entrent dans sa constitution. Cette opération s'effectue en plongeant la glace dans une dissolution aqueuse de nitrate d'argent d'une concentration convenable (1). Le bain le plus généralement employé est composé de la manière suivante :

Eau distillée	300
Nitrate d'argent fondu	20

On ajoute à la dissolution *une seule goutte* d'acide azotique, de manière à rendre sa réaction aussi peu acide que possible. L'emploi du nitrate d'argent cristallisé doit être banni de la photographie parce qu'il contient toujours une certaine quantité d'acide libre, qu'il est impossible d'apprécier, et généralement trop considérable pour donner au bain une acidité

(1) Cette opération, ainsi que toutes celles qui suivent, doit être faite dans un laboratoire obscur, éclairé seulement par la flamme d'une bougie ou par la lumière extérieure transmise à travers un verre jaune orangé. Il faut veiller avec le plus grand soin à ce que toute lumière photogénique soit entièrement éliminée ; l'éclairage produit par une lampe à huile ou à pétrole aurait, par exemple, de graves inconvénients, si l'on n'en modérait l'action par l'interposition d'un écran.

convenable. La dissolution doit être filtrée avec le plus grand soin et conservée dans un flacon bouché à l'émeri, afin d'éviter les matières organiques qui pourraient provenir d'un bouchon de liége.

L'immersion de la glace dans le bain d'argent exige des précautions particulières, et beaucoup de méthodes ont été indiquées pour exécuter cette opération. Quelques personnes se servent exclusivement de cuvettes verticales en verre ou en gutta-percha dans lesquelles on plonge la plaque à l'aide d'un crochet qui la soutient par son bord inférieur; d'autres fois on fait usage de cuvettes à recouvrement qui doivent être un peu plus grandes que la glace à préparer. La cuvette étant inclinée, de manière à rassembler tout le liquide d'un côté, on pose la glace à plat, le collodion en dessus, sur la partie du fond que n'atteint pas le liquide, en la retenant par un crochet d'argent ou de baleine; il suffit ensuite d'abaisser brusquement la cuvette dans une position horizontale pour que le bain d'argent mouille d'un seul trait la surface collodionée.

Tous ces moyens sont bons lorsqu'on est habitué à leur emploi, mais la méthode suivante est beaucoup plus simple et donne d'aussi bons résultats, en exigeant une bien moindre quantité de liquide

argentifère. Celui-ci est versé dans une cuvette plate en porcelaine ou en gutta-percha, de manière à occuper environ un demi-centimètre d'épaisseur; la plaque collodionnée est placée verticalement dans la cuvette contre le bord le plus voisin de l'opérateur, de façon que la couche de collodion regarde le bain d'argent; à l'aide d'un crochet qui saisit la glace par sa partie supérieure, on l'abaisse régulièrement et *sans temps d'arrêt* sur la surface du bain et l'on abandonne alors le crochet, qui s'oppose à ce que le fond de la cuvette n'arrive au contact de la couche impressionnable. Enfin, après quelques instants, on relève et on abaisse la glace à plusieurs reprises jusqu'à ce qu'elle soit parfaitement mouillée; elle est alors prête à être soumise à l'impression lumineuse. Il est inutile d'ajouter que le bain d'argent doit toujours être propre et qu'on devra le filtrer très-souvent pour le débarrasser de toute impureté.

Quel que soit le système que l'on adopte, il est important d'apprécier le moment précis où la couche de collodion est suffisamment sèche pour être soumise à l'action du bain d'argent. Quelques instants après l'extension du liquide, la plaque prend un aspect opalescent dû à une con-

densation de la vapeur d'eau occasionnée par le refroidissement que produit l'évaporation; c'est en général ce point qui doit être saisi. Elle blanchit alors lentement et uniformément sous l'influence du nitrate d'argent. Trop humide, la couche se sépare en lambeaux; trop sèche, elle blanchit presque instantanément.

Après la sensibilisation, la plaque sera placée pendant quelques secondes sur un coussin de papier buvard, afin d'absorber l'excès de liquide qui la mouille, et sa face postérieure sera rapidement essuyée. Enfin, on la dispose dans le châssis de l'appareil, en ayant soin de maintenir celui-ci constamment incliné dans la position qu'il doit occuper dans la chambre noire.

Impression de la couche sensible. — L'impression de la glace collodionnée doit succéder immédiatement à l'action du bain d'argent; quant au temps pendant lequel on doit laisser agir la lumière, il est subordonné à un si grand nombre de circonstances, qu'il est impossible de rien préciser à cet égard. Le seul guide à suivre, en pareil cas, consiste dans la manière dont l'image se développe sous l'influence des agents révélateurs. Tout ce

qu'on peut dire de général ici, c'est que l'emploi du collodion humide constitue le procédé le plus rapide dont dispose la photographie, et que de la durée de l'impression dépend en grande partie la perfection des résultats; un paragraphe spécial sera d'ailleurs consacré à cette importante question, à la suite de la description des méthodes photographiques.

Développement de l'image. — Après l'exposition à la chambre noire, l'image n'est pas encore visible sur la glace impressionnée, mais elle apparaît rapidement si l'on verse à sa surface une solution d'un agent réducteur quelconque. Parmi les substances capables de produire ce résultat, deux seulement sont usitées dans le procédé au collodion : ce sont le protosulfate de fer et l'acide pyrogallique. Le premier de ces révélateurs, presque exlusivement employé aujourd'hui par les photographes de profession, a l'avantage d'exiger une pose plus courte que le second, mais il possède plusieurs inconvénients pour la reproduction des objets microscopiques.

Une image développée au sulfate de fer présente toujours, lorsqu'on l'examine avec une simple loupe, un réseau extrêmement fin qui

en couvre toute la surface et qui provient des mailles du collodion rendues très-apparentes par l'action de cette substance. Ce défaut, n'a aucune importance pour la reproduction des portraits ou des paysages, mais peut devenir très-grave dans les applications à la micrographie. On conçoit, en effet, que si une épreuve doit subir une amplification ultérieure un peu considérable, ce réseau deviendra extrêmement visible, et l'image semblera alors recouverte d'une espèce de tissu réticulé qui en altère beaucoup la netteté. Ce mode de développement cependant est très-utile dans quelques cas où il est nécessaire de recourir à une pose très-courte, mais il sera exclu d'une manière absolue toutes les fois que l'image devra être soumise à une amplification.

Un grand nombre de formules ont été proposées pour la composition du bain de fer; toutes sont susceptibles de fournir de bons résultats dans des conditions déterminées. La suivante donne des épreuves d'une grande intensité qui se développent d'une manière très-régulière.

Eau distillée	1000
Sulfate de fer du commerce	50
Alcool	30
Acide acétique cristallisable	30

à la lumière n'a été ni trop longue ni trop courte. [illegible] o[illegible]ration, qui est d'ailleurs la plus délicate de c[illegible] la photographie, exige une très-grande pr[illegible]

S[illegible]npression a été trop longue, l'image se dé-ve[illegible]ppe très-rapidement sous l'action du bain de fer, et ac[illegible]s secondes une teinte uniformément rouge sur [illegible]elle se dessinent d'une manière confuse les [illegible]e l'objet. Ce défaut est sans remède, et l'épreu[illegible]t perdue sans qu'il soit possible d'en tirer parti[illegible]

Si, au contraire, la pose a été trop courte, l'image apparaît avec lenteur, et les noirs n'arrivent qu'avec peine à l'intensité voulue; les demi-teintes du modèle manquent le plus souvent, et le résultat définitif, dur et heurté, ne pourrait fournir que des positifs sans aucune harmonie. Aussi, n'est-ce que dans certaines limites que l'on aura recours au renforcement, et l'on devra toujours être sobre de ce moyen, qui n'a quelque valeur que lorsque l'épreuve est venue presque à point.

Le développement par l'acide pyrogallique s'effectue d'une manière tout à fait semblable, quant aux détails pratiques, à ce qui vient d'être dit pour

le sulfate de fer. Le bain révélateur est composé de la manière suivante :

Eaux distillée	250	grammes.
Acide pyrogallique..........	1	—
Acide acétique cristallisable...	20	—

Cette liqueur brunit au bout de quelques jours en absorbant l'oxygène de l'air, et ne doit être préparée que peu de temps avant son emploi. La plaque impressionnée est recouverte, rapidement et sans temps d'arrêt, de la solution révélatrice qui, en quelques secondes, fait apparaître l'image. Celle-ci se développe cependant plus lentement qu'avec le bain de fer et met plus de temps pour acquérir toute son intensité. On jugera si le temps de pose a été convenable en se guidant sur l'aspect que présente l'épreuve quand on l'examine par transparence ; comme dans le cas précédent, on devra éviter plutôt un excès qu'une insuffisance de pose, car une épreuve trop faiblement impressionnée peut toujours être légèrement renforcée, pourvu que l'insuffisance ne soit pas trop prononcée.

Le renforcement s'effectue de la même manière, que l'image ait été obtenue par le bain de fer ou par l'acide pyrogallique. On verse à la surface de la plaque une petite quantité d'acide pyrogallique ad-

ditionnée de la solution suivante, dont on ajoute environ un cinquième au révélateur au moment d'en faire usage :

Nitrate d'argent...........	4	grammes.
Acide citrique	4	—
Eau distillée...............	100	—

L'image acquiert bientôt, surtout dans les noirs, une puissante intensité, et l'on peut très-souvent utiliser ainsi une épreuve qui sans cela aurait été perdue. Cette opération est même ordinairement utile dans les cas où la pose a eu une durée suffisante; en augmentant l'opacité des fonds elle facilite le tirage des positifs. Mais ce n'est qu'avec la plus grande réserve qu'on doit y avoir recours, car il y a toujours plus de ressources dans une épreuve un peu trop faible que dans un négatif trop intense.

Lorsque le développement de l'image est terminé, on lave rapidement la plaque à l'eau ordinaire de manière à éliminer l'acide pyrogallique retenu à sa surface; il ne reste plus ensuite qu'à la fixer, pour enlever l'iodure d'argent qui n'a pas subi l'influence de la lumière.

Fixage de l'épreuve. — Parmi les substances

capables de dissoudre l'iodure d'argent, il en est deux qui sont d'un fréquent usage dans les manipulations photographiques, ce sont l'hyposulfite de soude et le cyanure de potassium. La première s'emploie à la dose de 40 à 50 grammes pour 100 grammes d'eau; quant à la seconde, il suffit d'une dissolution au céntième (1). Ces deux moyens sont également bons, mais le second possède cependant quelques avantages qui doivent le faire préférer. D'une part, en effet, le fixage s'effectue plus rapidement, et de plus, l'épreuve exige, après cette opération, un lavage moins parfait que lorsqu'on fait usage de l'hyposulfite. Enfin, ce dernier est souvent la cause d'un grand nombre d'insuccès lorsqu'il s'en mélange accidentellement des traces avec quelques-uns des produits photographiques, de sorte que toutes ces raisons rendent bien préférable l'emploi du cyanure.

Quel que soit le moyen dont on fasse usage, il suffit de verser sur l'épreuve une des liqueurs

(1) La concentration du bain de cyanure est subordonnée à la pureté du produit dont on fait usage. Tous les échantillons commerciaux renferment, en effet, de très-grandes quantités de carbonate de potasse, substance qui n'a aucune action sur l'épreuve, et dont la présence force souvent à doubler la dose indiquée.

précédentes pour qu'elle soit fixée en peu d'instants; on voit disparaître rapidement la couleur laiteuse du collodion, et lorsque les blancs de l'image sont devenus tout à fait transparents, il ne reste plus qu'à laver à grande eau et à laisser sécher spontanément la plaque, en la posant verticalement contre un mur ou dans un support à rainures spécialement destiné à cet usage.

Vernissage du négatif. — La couche de collodion est, comme on peut le prévoir, extrêmement fragile et s'éraille avec une grande facilité sous l'influence d'un léger frottement. On évite cet inconvénient en la recouvrant soit d'un vernis, soit d'une solution de gomme arabique. La gomme protége assez bien l'épreuve lorsqu'elle n'est destinée à produire qu'un petit nombre de positifs; on l'emploie en solution aqueuse à 5 pour 100, soigneusement filtrée, et l'on y ajoute un peu d'alcool, pour s'opposer à la production des moisissures. Cette opération peut être effectuée avant la dessiccation de l'épreuve, après le dernier lavage qui suit l'action du fixateur.

Quand un négatif doit fournir un grand nombre de positifs, il devient indispensable de le recouvrir

d'un vernis plus résistant qui le mette complétement à l'abri de toute altération. Le meilleur vernis est, sans contredit, celui qui est composé d'ambre fondu, dissous dans la benzine. Il s'applique à froid comme le collodion, sèche très-vite et ne se ramollit pas au soleil. On peut aussi faire usage d'une solution alcoolique de gomme laque, mais il est alors nécessaire de chauffer légèrement la glace avant de la vernir.

Enfin, si l'épreuve est spécialement destinée à produire des positifs par amplification, il est préférable de ne pas la vernir du tout; on évite ainsi les petits grains de poussière qui s'attachent infailliblement à la surface, et qui produisent les effets les plus désagréables sur le positif amplifié. Le cliché, n'étant d'ailleurs soumis dans ce cas à aucun frottement, n'est exposé à aucune cause d'altération.

Le procédé qui vient d'être décrit présente des avantages et des inconvénients selon les conditions au milieu desquelles on opère; compliqué en apparence lorsqu'on n'en connaît que la description, il est dans la pratique d'une simplicité extrême; cinq à six minutes suffisent ordinairement pour exécuter la série des opérations qu'il exige, mais dans ses applications à la micrographie il a cela d'incom-

mode, qu'une plaque préparée doit être immédiatement employée, et c'est là bien souvent un obstacle sérieux pour la reproduction de certains objets qu'il faut saisir à un moment donné. De plus, le peu de temps qu'exige l'impression de la couche sensible rend souvent assez difficile l'appréciation exacte de la durée de la pose, et ce n'est que dans le cas où l'on fera usage d'une lumière peu intense qu'il conviendra d'avoir recours à cette méthode. La description qui précède ne sera pas cependant superflue, car le procédé suivant, d'un usage beaucoup plus général, n'est qu'une modification de celui qui vient d'être indiqué.

2° Du collodion sec.

Une glace collodionnée préparée par la méthode précédente doit être, comme on l'a vu, employée immédiatement après sa sensibilisation; si on la laisse sécher, même après avoir enlevé par un lavage le nitrate d'argent qui restait libre à sa surface, elle devient complétement insensible à la lumière, quelle que soit la durée de son action. Après de nombreux essais, dirigés dans le but de conserver à la couche de collodion sa sensibilité, longtemps

après sa préparation, on a reconnu que ce résultat pouvait être atteint de diverses manières. Il suffit, en effet, de recouvrir sa surface d'une substance déliquescente qui l'empêche de se dessécher, ou mieux encore, d'une matière incristallisable dont le mode d'action est plus difficile à expliquer. De tous les procédés qui ont été successivement proposés, le plus parfait et le plus pratique est celui qui a été indiqué par le major Russel, et qui repose sur l'emploi du tannin comme matière conservatrice. Les plaques n'exigent pour leur préparation que des moyens aussi simples que ceux qui s'appliquent aux glaces humides, et elles présentent sur celles-ci l'avantage de conserver pendant plusieurs semaines toutes leurs propriétés, en permettant d'opérer avec beaucoup plus de certitude.

Les diverses phases de la préparation des glaces ne diffèrent en rien de celles qui ont été précédemment décrites, et ce n'est qu'après la sensibilisation qu'interviennent quelques nouvelles opérations d'une extrême simplicité. Après le nettoyage parfait de la lame de verre, on étend le collodion sans précautions spéciales et l'on plonge ensuite la glace dans le bain de nitrate d'argent; celui-ci doit

avoir toutefois une acidité plus forte que pour le procédé humide, un bain neutre donnant quelquefois des épreuves voilées; à la formule déjà indiquée, on doit, pour cette raison, substituer la suivante :

Eau distillée..............	300	grammes.
Nitrate d'argent............	20	—
Acide acétique cristallisable..	2	—

Au sortir du bain de nitrate, la glace est lavée avec le plus grand soin, car c'est dans ce lavage que réside la principale condition de succès. La meilleure manière d'opérer consiste à placer les plaques dans une cuvette plate contenant de l'eau distillée, où on les laisse séjourner pendant quelques minutes. Après ce premier lavage, on les introduit dans une seconde cuvette où elles doivent rester au moins un quart d'heure, mais on peut les y laisser plusieurs heures sans inconvénient. Il est très-avantageux de se servir pour cette opération d'une auge verticale en gutta-percha, munie intérieurement de rainures disposées comme celles d'une boîte à plaques; le lavage est ainsi beaucoup plus parfait, l'eau chargée des sels qu'elle dissout gagnant constamment le fond du vase à cause de sa plus grande densité. Enfin, au sortir de ce bain, les plaques sont

lavées une dernière fois à l'aide d'une pissette et recouvertes de la solution conservatrice de tannin composée de la manière suivante :

Eau distillée..............	100	grammes.
Tannin...................	4	—

Cette liqueur, préalablement filtrée, est étendue sur la couche sensible à la manière du collodion ; l'excès est recueilli dans un verre et versé de nouveau à deux ou trois reprises sur la plaque afin d'entraîner l'eau adhérente ; on termine l'opération en versant une petite quantité de liquide n'ayant pas encore servi. Il est presque inutile d'ajouter que le tannin qui provient d'une première glace peut être employé pour commencer la préparation de la suivante et ainsi de suite.

Il ne reste plus ensuite qu'à sécher la glace à l'abri de la lumière, en la posant sur sa tranche sur un coussin de papier buvard. Il est important que cette dessiccation s'opère le plus régulièrement et le plus promptement possible ; aussi, est-il souvent nécessaire de chauffer assez fortement le laboratoire afin d'accélérer cette opération. Les plaques sèches sont garanties, dans des boîtes parfaitement closes, de la lumière et de l'humidité ; elles se

conservent ainsi pendant fort longtemps. Il est cependant préférable, si l'on veut être certain du résultat, de ne pas les employer après plus d'un mois de préparation.

L'exposition à la chambre noire est en moyenne cinq à six fois plus longue que par le procédé humide ; ce défaut de sensibilité, qui constitue un inconvénient de la méthode dans ses applications les plus ordinaires, est, au contraire, extrêmement avantageux pour la reproduction des objets microscopiques, au moins dans le plus grand nombre des cas; il permet, en effet, de régler avec plus de facilité la durée toujours très-courte de l'impression lumineuse et diminue beaucoup ainsi les causes d'insuccès.

La manière de développer l'image, bien qu'analogue dans ses parties essentielles à celle qui a été décrite pour le collodion humide, exige cependant quelques précautions particulières qui sont d'une grande importance. La couche est d'abord lavée à l'eau distillée, à l'aide d'une pissette, dans le but de la débarrasser du tannin qui la recouvre; on verse ensuite à sa surface la dissolution d'acide pyrogallique, qu'on y laisse séjourner jusqu'à ce que le collodion soit bien uniformément mouillé. Le liquide recueilli

dans un verre est alors additionné du cinquième environ de son volume de nitrate d'argent mélangé d'acide citrique (page 10) et versé de nouveau sur la plaque. L'image ne tarde pas à apparaître en se renforçant peu à peu, et au bout de quelques minutes elle a ordinairement atteint toute son intensité; quelquefois cependant, il est nécessaire de renouveler l'acide pyrogallique pour arriver à un développement complet, mais cette précaution n'est indispensable que lorsque l'agent révélateur devient noir et boueux pendant l'opération.

Il arrive assez souvent que le collodion a une grande tendance à se décoller et à se déchirer pendant le développement; on s'oppose en grande partie à cet inconvénient en chauffant légèrement les glaces avant de les soumettre à l'action de l'acide pyrogallique; on augmente ainsi l'adhérence de la couche de collodion, et les déchirures sont plus faciles à éviter. Un autre moyen consiste à recouvrir d'un vernis quelconque le bord de la glace sur une étendue de 1 ou 2 millimètres; le liquide ne pénétrant plus alors au-dessous du collodion, celui-ci est beaucoup plus résistant, et l'épreuve peut être maniée sans danger. Ces moyens sont toutefois inutiles quand il s'agit de glaces de petites dimen-

sions, et avec un peu d'habitude ces petits accidents ne se présentent que bien rarement (1).

Enfin, quand l'image a atteint une vigueur suffisante, on la lave à grande eau et on la fixe par la méthode ordinaire, soit à l'aide du cyanure de potassium, soit au moyen de l'hyposulfite de soude. Elle est ensuite recouverte d'une couche de gomme arabique, ou d'un vernis protecteur lorsqu'elle est destinée à fournir directement des épreuves positives sans grandissement.

Le procédé au collodion sec, tel qu'il vient d'être décrit, est, sans contredit, celui qui convient le mieux pour la photographie des objets microscopiques, et il s'applique avec le plus grand succès à presque tous les cas qui peuvent se présenter. Il n'en est pas d'une exécution plus facile et d'une plus grande certitude dans les résultats, aussi doit-il

(1) On a conseillé, pour donner plus de solidité à la couche, de recouvrir les glaces, avant l'application du collodion, d'une couche mince de gélatine. Cette opération s'exécute en versant sur la plaque, nettoyée comme d'habitude, une dissolution, faite à chaud et filtrée, de gélatine blanche à 1 pour 100 ; le liquide s'étend comme du collodion, et la glace séchée se conserve indéfiniment dans cet état. Le reste des manipulations ne présente aucune différence. Ce moyen est très-bon pour les verres de grande dimension; mais il nous a toujours paru inutile quand on ne dépasse pas la grandeur des plaques stéréoscopiques.

être conseillé d'une manière exclusive aux micrographes peu initiés aux manœuvres de la photographie; on pourra même s'affranchir au besoin de la préparation des plaques sensibles, que le commerce fournit aujourd'hui dans de très-bonnes conditions, et tout se trouve alors réduit au développement de l'image, qui n'exige, comme on l'a vu, qu'un matériel insignifiant.

Il existe cependant une autre méthode photographique qui serait préférable au collodion sec, si elle n'était entourée de complications qui en rendent l'exécution difficile et peu pratique. Ce procédé, qui repose sur l'emploi de l'albumine comme support des substances impressionnables, donne des épreuves bien supérieures encore, par leur finesse et leur netteté, à celles que produit le collodion sec ou humide; c'est là un sérieux avantage pour la formation des petites images destinées à subir une amplification ultérieure. Aussi ne sera-t-il pas sans utilité d'indiquer sommairement ici la manière la plus commode d'obtenir des négatifs sur albumine, en faisant remarquer, toutefois, que ce n'est qu'après s'être familiarisé avec les opérations photographiques plus simples que l'on devra aborder cette méthode spéciale.

3° Épreuves sur albumine.

Dans la photographie sur albumine, on substitue à la couche de collodion une couche d'albumine iodurée, dont la préparation s'effectue de la manière suivante : à des blancs d'œufs bien frais et complétement séparés du jaune, on ajoute un centième de leur poids d'iodure de potassium dissous dans le moins d'eau possible. Le mélange est alors battu en neige et abandonné au repos pendant douze à quinze heures. Le liquide qui se sépare, filtré à travers une toile fine, n'exige aucune autre opération et peut être immédiatement employé pour la préparation des glaces.

L'extension de l'albumine sur les plaques de verre est une opération délicate de laquelle dépend presque entièrement la réussite ; il est surtout fort important d'éviter avec le plus grand soin les poussières qui, en se fixant sur la couche, produiraient des taches irréparables. Il est également nécessaire que l'albumine ait une épaisseur parfaitement uniforme sur toute sa surface afin d'éviter, dans l'épreuve, les inégalités de teinte que causeraient inévitablement les épaisseurs variables de la couche. On réalise avec assez de facilité ces conditions en

soumettant la plaque à l'action de la force centrifuge, pendant qu'on la dessèche rapidement. La manière la plus simple d'opérer consiste à verser sur le verre une quantité de liquide, suffisante pour le recouvrir entièrement, et à le suspendre ensuite par les angles dans quatre anneaux de laiton fixés à l'extrémité des cordonnets de soie; une torsion imprimée à ces derniers permet alors de donner à la plaque un mouvement rapide de rotation qui égalise très-régulièrement l'albumine. Si l'on fait cette opération au-dessus d'une plaque de tôle, modérément chauffée par un fourneau, la dessiccation est très-rapide et l'on n'a pas à craindre l'action nuisible des poussières, qui n'ont plus d'ailleurs aucune influence dès que l'albumine est desséchée. Il est toutefois important de ne pas continuer trop longtemps l'action de la chaleur afin d'éviter des fendillements de la couche qui, sans nuire d'une manière absolue pour les épreuves ordinaires, auraient de graves inconvénients pour celles qui sont destinées à un grandissement.

Les plaques albuminées se conservent indéfiniment sans altération; leur sensibilisation s'effectue un à deux jours avant leur emploi, en les plongeant dans un bain de nitrate d'argent acidulé

par l'acide acétique, comme s'il s'agissait d'une glace collodionnée. La formule suivante convient très-bien pour cette opération :

Eau distillée	100	grammes.
Nitrate d'argent............	7	—
Acide acétique cristallisable...	10	—

Au sortir de ce bain, la couche sensible est lavée à plusieurs eaux et séchée comme pour les plaques préparées au collodion sec. On peut aussi employer les plaques humides ; dans ce cas, leur sensibilité est beaucoup plus grande, et les lavages deviennent inutiles.

Le développement de l'image, toujours extrêmement long, est l'opération la moins pratique du procédé à l'albumine. Les agents révélateurs ordinaires doivent être remplacés par une dissolution d'*acide gallique*, saturée à froid et filtrée. La glace impressionnée est d'abord plongée dans une cuvette de porcelaine contenant assez de solution pour la couvrir entièrement ; elle doit y séjourner une heure au moins, mais elle peut sans danger y rester beaucoup plus longtemps.

L'image apparaît toujours avec très-peu d'intensité dans ce bain, et, souvent même, rien ne devient appréciable, mais il suffit d'ajouter au

liquide quelques gouttes de la solution de nitrate d'argent acidulé par l'acide acétique pour la rendre visible en quelques instants. Son développement complet ne s'opère toutefois qu'avec lenteur, et il faut avoir soin de renouveler le liquide révélateur toutes les fois qu'il devient brun et boueux; sans cette précaution, un dépôt d'argent réduit se forme à la surface de l'épreuve et en altère la transparence. On évite en partie l'adhérence de ce dépôt sur la couche impressionnée, en disposant la glace, la face en dessous, sur deux cales de verre, de manière que le précipité ne puisse se former que sur le dos de l'épreuve. On évite ainsi bien des taches, mais ce moyen n'exclut pas cependant le renouvellement du liquide révélateur toutes les fois qu'il commence à se troubler. Enfin, dès que l'image a acquis une vigueur suffisante, elle est lavée à grande eau et fixée à l'hyposulfite de soude en observant les précautions d'usage.

Les épreuves obtenues par cette méthode possèdent dans leurs détails les plus délicats, une finesse et une netteté qu'on n'atteint par aucun autre procédé photographique; la couche d'albumine présente, de plus, le grand avantage d'avoir une texture extrêmement homogène, qui ne rend visible le

réseau moléculaire qui la constitue qu'à un grossissement beaucoup plus considérable que pour le collodion; aussi, les négatifs obtenus par ce moyen se prêtent-ils mieux que tous autres à de grandes amplifications, et si l'usage des glaces albuminées n'offrait de sérieux inconvénients dans la pratique, il serait appelé à remplacer toutes les autres méthodes photographiques, qui se recommandent seulement par une plus grande simplicité.

4° De la durée de la pose.

C'est ici le lieu d'aborder une question de la plus haute importance, qui n'a pas encore trouvé sa place dans les descriptions qui précèdent. De la durée de la pose dépend en effet tout le succès de l'opération, et il est malheureusement impossible de rien indiquer de précis à cet égard, le temps pendant lequel doit agir la lumière variant avec un ensemble de circonstances que la pratique seule permet d'apprécier avec exactitude. Il ne sera pas cependant sans utilité d'examiner individuellement les conditions qui exercent le plus d'influence sur la rapidité de l'impression; cette étude permettra de poser quelques jalons qui serviront de base pour la solution du problème.

Dans les reproductions photographiques ordinaires, le temps d'exposition à la lumière est d'autant plus court que, toutes choses égales d'ailleurs, la longueur focale de l'objectif est moins considérable ; ce résultat se conçoit aisément, puisque la même quantité de lumière, émise par un objet, se trouve concentrée sur une surface d'autant plus petite que l'objectif a un foyer plus court. Les choses se passent d'une manière inverse pour les reproductions microscopiques ; il est évident, en effet, que plus le grossissement sera considérable, moins l'image sera éclairée, puisque à une même intensité lumineuse correspond une image d'une surface plus grande ; de plus, le diamètre des lentilles croît avec leur longueur focale, ce qui augmente la quantité de lumière utile qui traverse l'objectif.

On voit également que, pour un même objectif, la durée de la pose devra augmenter avec la longueur de la chambre noire; et s'il était permis d'apprécier mathématiquement le temps de l'impression, on pourrait dire que toutes choses égales, il serait sensiblement proportionnel au carré de la distance qui sépare l'objectif de la plaque sensible.

La cause qui exerce la plus grande influence est, certainement, l'intensité de la lumière qui éclaire

l'objet à reproduire. Dans le cas le plus général, où l'on fait usage de la lumière solaire convergente, la pose est toujours extrêmement courte, subordonnée à la sensibilité de la substance photogénique. Pour le collodion sec et la lumière blanche, elle varie généralement de quelques secondes à une minute, selon la puissance de l'objectif et la dimension de l'image. Avec l'objectif n° 3 des microscopes Nachet, il est rare qu'on soit obligé de la prolonger au delà de 10 à 15 secondes, lorsqu'on fait usage d'une boîte d'un mètre de longueur; elle sera un peu plus longue avec les objectifs plus puissants et atteindra son maximum dans le cas d'un éclairage oblique, où elle exige généralement une minute et souvent plus.

Dans les appareils à petites épreuves, la rapidité augmente d'une manière très-notable, et une ou deux secondes suffisent, le plus souvent, pour produire une impression assez intense. Si toutefois on adopte le procédé spécial d'éclairage qui a été décrit page 64, on devra prolonger plus ou moins l'action de la lumière selon le diamètre du condensateur; cette disposition exige généralement huit à dix fois plus de pose qu'un éclairage convergent direct. Enfin, si au collodion sec on substitue le collodion humide, la rapidité de l'impression augmente néces-

sairement avec la sensibilité du procédé, et sa durée se réduit même à l'instantanéité absolue dans les conditions les plus favorables.

La nature de l'objet à reproduire a aussi son importance dans le temps de pose ; on conçoit, en effet, que les corps très-diaphanes devront laisser passer avec plus de facilité les rayons lumineux qu'une préparation plus ou moins opaque qui exigera toujours une exposition plus longtemps prolongée. La couleur propre des objets exerce surtout, à cet égard, une puissante influence; ceux qui sont colorés en jaune ou en brun, les organes cornés de certains insectes, par exemple, sont très-réfractaires à l'impression photographique; il est souvent même très-difficile d'en obtenir de bonnes reproductions, et il devient nécessaire de prolonger beaucoup l'action de la lumière afin de contre-balancer l'influence de la couleur.

L'emploi de la lumière polarisée est aussi une cause puissante de ralentissement; d'une part, l'appareil polarisateur ne transmet, à cause des doubles réfractions, qu'une portion des rayons incidents, et de plus la lumière éprouve une absorption inévitable, en passant à travers deux nouveaux milieux réfringents. Aussi, est-il généra-

lement nécessaire de prolonger la pose pendant un temps cinq à six fois plus considérable que dans les conditions ordinaires.

L'interposition si utile d'une cuve à sulfate de cuivre, sur le trajet des rayons solaires, influe aussi d'une manière appréciable sur la durée de l'impression. Le ralentissement qui se produit dans ces conditions est cependant bien loin d'être en rapport avec les différences qui se manifestent dans l'intensité apparente de l'image; il suffit, en général, d'une exposition deux ou trois fois plus considérable que dans la lumière blanche pour produire des résultats identiques. Un fait assez curieux, qui mérite d'être mentionné, se manifeste dans ces conditions d'éclairage; un excès de pose est, en effet, bien moins à redouter que par l'emploi de la lumière ordinaire. Les rayons bleus paraissent exercer, au bout d'un certain temps, une action maximum qui correspond à celle qu'exige l'impression photographique, et que l'on ne dépasse qu'en exagérant beaucoup le temps nécessaire à cette impression.

On peut se convaincre de ce fait en produisant, sur une même plaque, plusieurs épreuves du même objet avec des temps de pose très-différents; on verra qu'après le développement, l'intensité des

images est loin d'être en rapport avec la durée de l'action lumineuse. Il résulte de cette observation que, s'il faut éviter un excès de pose avec la lumière blanche, il est, au contraire, préférable de prolonger la durée de l'impression lorsqu'on fait usage des rayons bleus.

La reproduction des corps opaques exige toujours une exposition à la lumière beaucoup plus longue que celle des corps transparents, quelle que soit la puissance de l'éclairage dont on dispose. Dans ce cas, l'image est formée par la lumière que réfléchit la surface toujours très-petite de l'objet, ce qui lui donne une intensité relativement très-faible. Aussi la durée de la pose doit-elle être prolongée pendant cinq à dix minutes, selon la couleur plus ou moins favorable de l'objet, lorsqu'on se sert du collodion sec. Par le procédé humide, ce temps peut être réduit au tiers ou au quart, et même moins, selon la sensibilité du collodion.

Quant aux épreuves stéréoscopiques, l'action lumineuse sera plus longue encore, si l'on adopte l'emploi du demi-diaphragme, qui ne laisse pénétrer dans l'objectif que la moitié de la lumière qui forme l'image dans les conditions normales. Mais on a vu précédemment que cet inconvénient disparaît quand

on fait usage de la bascule stéréoscopique ; dans ce cas, l'objectif agissant par toute sa surface, l'image conserve l'intensité qu'elle possède dans les circonstances ordinaires.

Lorsque, pour une cause quelconque, on aura intérêt à se servir de la lumière diffuse comme moyen d'éclairage, on ne devra pas perdre de vue que sa faible intensité nécessite toujours une pose extrêmement longue, et il est bien rare que, dans ces conditions, on pèche par un excès. L'emploi du collodion sec est ici bien peu avantageux, quoiqu'il puisse encore être usité pour la reproduction d'objets bien transparents, qui n'exigent que de faibles grossissements; mais presque toujours c'est au procédé humide que l'on devra avoir recours. On obtient par ce moyen des épreuves satisfaisantes en cinq ou six minutes, avec l'objectif n° 3 ou n° 4 de Nachet, si l'on a réuni les conditions d'éclairage les plus favorables. Toutefois la durée de la pose est ici soumise à de très-larges variations, liées à celles que peut éprouver l'intensité de la lumière.

Enfin, l'emploi des lumières artificielles ne permet pas de définir, pour chaque cas particulier, la durée de l'exposition. Non-seulement l'action chimique des diverses sources lumineuses varie



avec chacune d'elles, mais elle peut encore être très-différente pour une même source, d'après les conditions de l'expérience. C'est ainsi que l'intensité de la lumière électrique dépend du nombre des éléments de pile; celle du magnésium varie avec le diamètre des fils, etc., etc. Il serait même assez difficile de classer ces sources artificielles d'après leur action photogénique, car on conçoit qu'en brûlant, par exemple, en un temps donné, une grande quantité de magnésium, on puisse produire une action plus rapide qu'avec une lumière électrique peu intense, tandis que l'effet inverse se manifestera si l'on compare l'effet d'une pile puissante à celui que fournirait la combustion d'une petite masse de métal. Chaque cas particulier exige donc quelques expériences préliminaires.

5° Des épreuves instantanées.

Parmi les causes d'insuccès qui se présentent dans la reproduction des objets microscopiques, on a particulièrement signalé la difficulté que l'on éprouvait à donner à tout l'appareil une stabilité assez grande pour qu'il ne soit pas ébranlé, pendant l'opération, par les mouvements qui se pro-

duisent autour de lui; pour obvier à cet inconvénient, on a proposé d'avoir recours à des procédés photographiques aussi sensibles que possible et de se servir *d'obturateurs instantanés*, ne donnant accès à la lumière solaire que pendant un temps suffisamment court pour que les vibrations de l'instrument n'aient pas d'influence fâcheuse sur les résultats.

Il n'est pas douteux qu'un appareil installé dans de mauvaises conditions ne soit sujet à être ébranlé par des causes en apparence insignifiantes; c'est ce qui arriverait par exemple avec l'emploi du microscope solaire, monté comme d'habitude sur le volet d'une chambre obscure; dans de pareilles circonstances, il est presque impossible d'opérer avec certitude si l'impression de la plaque sensible n'est pas instantanée. Mais si l'on fait usage d'une disposition convenable, cette cause d'insuccès devient facile à éviter et l'on obtiendra d'excellents résultats par des temps de pose relativement très-considérables. Il est même toujours préférable, lorsqu'on a recours à la lumière si active du soleil, de faire usage de procédés photographiques aussi lents que possible, afin de pouvoir mesurer avec plus de précision le temps nécessaire à l'impression.

L'obturateur le plus commode pour les cas ordi-

naires consiste en un simple écran de carton monté sur un support, que l'on interpose en un point quelconque du trajet des rayons solaires. Il n'est pas nécessaire ici, comme pour la reproduction des paysages ou des portraits, d'obturer exactement l'objectif de manière à éliminer toute lumière extérieure, car le peu de lumière diffuse qui pénètre par l'ouverture toujours très-étroite d'un objectif de microscope ne saurait exercer aucune influence sur la glace collodionnée. Il est même utile de placer l'écran obturateur sur un support complétement indépendant de l'appareil microscopique, afin de ne pas modifier la mise au point par une secousse due à quelque manœuvre mal combinée.

Dans quelques cas cependant, la formation d'images instantanées peut avoir une très-grande importance, et il est même quelques objets qui ne sauraient être reproduits que dans de semblables conditions. C'est ce qui arrive, par exemple, pour certains animaux vivants qui se déforment immédiatement après la mort, et qu'il est souvent possible de photographier malgré leurs mouvements; d'autres fois, des cristaux en voie de formation grandissent sous le champ du microscope; souvent enfin, il est difficile de fixer certains corpuscules qui, ne

pouvant être comprimés, nagent dans le liquide qui les baigne. Dans ces circonstances exceptionnelles, l'emploi des procédés instantanés est d'un très-grand secours, et l'expérience est toujours facile à réaliser, pourvu qu'on n'atteigne pas les grossissements extrêmes que donnent les plus puissants objectifs.

La principale difficulté consiste alors, non dans le défaut de sensibilité des substances impressionnables, mais dans le choix d'un moyen permettant de réduire à un temps aussi court que possible l'action de la lumière. M. Bertsch emploi dans ce but un petit instrument d'un usage très-commode et qui permet de réduire la pose à l'instantanéité presque absolue. Cet obturateur est essentiellement formé d'un disque de laiton norci, monté sur un axe portant un barillet à ressort, et percé en un point de sa surface, et vers le bord, d'une ouverture circulaire. Au moyen d'une détente, le disque accomplit une révolution sur son axe, et l'ouverture laisse pénétrer, pendant un temps inappréciable, les rayons solaires sur l'appareil amplifiant. On arriverait au même résultat à l'aide d'une détente de pistolet dont le chien porterait un écran de carton percé d'une ouverture donnant passage au faisceau lumineux pendant l'abaissement très-rapide du chien.

Un autre système, très-simple dans sa construc-ion et suffisant pour le plus grand nombre des cas, ɘst celui qui a reçu le nom d'obturateur à guillotine. l se compose d'une planchette fixe, placée verticale-nent devant l'appareil, et percée d'une ouverture qui aisse passer le faisceau de rayons solaires; elle ɩorte latéralement deux coulisses verticales, dans ɘsquelles glisse très-librement une autre plan-hètte également percée en son milieu. Il suffit de ıisser tomber celle-ci sous son propre poids pour ue, pendant sa chute, elle découvre l'ouverture ui donne accès à la lumière.

Un appareil ainsi construit ne réalise pas, il st vrai, une instantanéité aussi rigoureuse que es précédents, mais il est rare qu'on soit obligé l'avoir recours à une impression plus rapide. On ɩeut toutefois accélérer beaucoup la chute de la oulisse mobile par l'addition d'un simple ressort à ɩoudin agissant dans le même sens que la pesan-eur. Enfin, dans les circonstances où les mouve-ɑents de la préparation sont assez limités pour ne ɩas exiger une aussi grande rapidité d'action, il uffit de découvrir et d'obturer l'appareil au moyen 'un simple écran tenu à la main et qu'on fait mou-oir très-rapidement.

La sensibilité du procédé photographique que l'on devra choisir sera nécessairement en rapport avec la durée d'action de la lumière ; mais dans tous les cas, on devra avoir recours aux modes d'éclairage les plus énergiques. L'appareil destiné à la production de petites épreuves convient particulièrement à ce genre d'expériences. Non-seulement, en effet, l'image, très-petite, est toujours très-vivement éclairée, mais on a de plus l'avantage de pouvoir faire successivement plusieurs épreuves sur la même plaque, et d'augmenter ainsi les chances de succès dans des conditions où le hasard joue toujours un rôle trop important.

CHAPITRE V.

DES ÉPREUVES POSITIVES.

L'image négative, obtenue par une des méthodes précédentes, permet de reproduire un nombre indéfini d'épreuves directes ou positives, dans lesquelles les rapports des lumières et des ombres se trouvent précisément dans les mêmes relations qu'sur l'objet qui a servi de modèle. Plusieurs méthodes

sont mises en usage pour atteindre ce résultat. La plus simple et la plus pratique est, sans contredit, celle qui est généralement usitée pour les reproductions qui sont du domaine de la photographie ordinaire; elle se prête à tous les cas qui peuvent intéresser le micrographe. Il est cependant un procédé d'un usage beaucoup moins répandu, parce qu'il est d'une application un peu plus difficile et que, d'ailleurs, il satisfait moins aux besoins de l'industrie; mais il rachète ces inconvénients par des avantages très-sérieux qui devraient le faire exclusivement employer pour les reproductions microscopiques; il permet, en effet, d'obtenir avec la plus grande fidélité les détails si délicats d'un négatif, qui disparaissent souvent par la méthode ordinaire de tirage; de plus, les épreuves ainsi obtenues possèdent des conditions d'inaltérabilité qu'on ne retrouve dans aucun autre procédé. La première méthode sera décrite ici d'une manière tout à fait sommaire ; quant à la seconde, il ne sera pas sans utilité d'entrer dans quelques détails plus précis, sa description ne se trouvant pas indiquée dans les traités ordinaires de photographie.

1° Positifs sur papier.

[illegible] méthode de tirage repose sur la propriété que p[illegible]de le chlorure d'argent de noircir spontaném[illegible] à la lumière. Une feuille de papier recouverte d'une couche uniforme de cette substance noircira donc rapidement si on l'expose aux rayons solaires ; mais si, pendant l'action lumineuse, on la recouvre d'une épreuve négative, celle-ci, jouant le rôle d'un écran, préservera la couche sensible par ses portions les plus opaques, tandis que la lumière exercera son action à travers les parties transparentes ; on obtiendra ainsi une image inverse de la négative et qui reproduira dans leurs rapports naturels les ombres et les clairs du modèle. On opère de la manière suivante :

Sensibilisation du papier. — Le papier est d'abord recouvert d'une couche d'albumine tenant un chlorure en dissolution ; la présence de l'albumine n'a ici d'autre but que de boucher les pores du papier et de donner un vernis à l'image définitive. Cette première opération s'effectue aujourd'hui industriellement, et l'on trouve dans le commerce des papiers préparés avec la plus grande perfection. La

couche albuminée est ensuite posée à la surface d'une solution de nitrate d'argent à 15 pour 100, où elle doit séjourner quatre à cinq minutes. Le chlorure alcalin se transforme ainsi, par double décomposition, en chlorure d'argent insoluble qui reste sur le papier, et il suffit ensuite de laisser sécher la feuille dans l'obscurité pour qu'elle soit prête à servir. La seule précaution qu'exige la sensibilisation du papier consiste à éviter avec soin que le nitrate d'argent ne mouille en aucun point le revers de la feuille, ce qui produirait infailliblement des taches.

Exposition à la lumière. — Le papier est alors appliqué sur le négatif à reproduire, de façon que sa face sensible soit en contact avec la couche de collodion ; le tout est comprimé dans un petit appareil connu sous le nom de *châssis à reproduction* et exposé à la lumière solaire pendant un temps variable selon l'intensité du cliché. La construction du châssis permet d'ailleurs de suivre la venue de l'image sans déranger la position du papier, de sorte que cette opération ne présente aucune difficulté. On arrêtera l'action de la lumière lorsque l'épreuve aura acquis une intensité notablement supérieure à celle que l'on désire conserver à l'image définitive,

cette intensité s'affaiblissant beaucoup par les opérations ultérieures.

Fixage. — Lorsqu'à la fin de la journée on a obtenu un nombre suffisant de positifs, on procède à leur fixage ; cette opération peut, à la rigueur, être remise au lendemain, mais il ne faudrait pas attendre plus longtemps ; elle constitue la partie la plus difficile de la méthode, car c'est d'elle que dépend toute la beauté et la solidité des épreuves. Les papiers impressionnés sont d'abord immergés dans une cuvette remplie d'eau ordinaire, où ils abandonnent le nitrate d'argent libre qui se trouve à leur surface. Lorsque, après plusieurs lavages, l'eau ne devient plus laiteuse par la formation du chlorure d'argent, on plonge les feuilles, une à une, dans une dissolution de chlorure d'or dont le but est de transformer la couleur désagréable de l'image. Cette opération, désignée sous le nom de *virage*, est d'une haute importance et exige une surveillance attentive. Parmi les nombreuses formules de bains de virage indiquées par les photographes, la suivante donne d'excellents résultats.

Eau distillée.....................	1	litre.
Phosphate de soude..............	20	grammes.
Chlorure d'or.....................	1	—

L'épreuve doit séjourner dans ce liquide jusqu'à ce qu'elle ait pris un ton bleu violacé, franchement déterminé; cet effet exige pour se produire un temps qui, selon la nature du papier et la température extérieure, varie entre quelques minutes et un quart d'heure. L'action du bain est également d'autant plus énergique qu'il est moins épuisé; aussi est-il préférable de ne l'employer que par petites quantités.

Au sortir du bain de virage, les épreuves sont plongées dans une dissolution d'hyposulfite de soude à 30 pour 100, et n'ayant jamais servi. Elles perdent pendant les premiers instants la teinte qu'elles avaient acquise dans le bain d'or, mais au bout de quelques minutes, elles prennent de nouveau une couleur riche et agréable. C'est à ce moment qu'on doit les retirer du bain; il ne reste plus alors qu'à les laver à grande eau de manière à éliminer entièrement les dernières traces d'hyposulfite qui pénètrent la pâte du papier. Ce lavage a une très-grande importance et doit être fait avec beaucoup de soin; il est indispensable de renouveler très-souvent l'eau qui baigne les épreuves pour que le lavage se fasse le plus rapidement possible; un séjour trop prolongé dans l'eau altérerait la pureté des blancs, et la solidité de

l'image serait plus ou moins compromise. Enfin, les épreuves sont séchées, soit en les suspendant par un angle, soit en les épongeant dans des papiers buvards. Il est quelquefois utile de les chauffer modérément devant un foyer après leur dessiccation ; on augmente ainsi d'une manière notable la richesse de ton de l'image.

2° Positifs sur collodion.

Si l'on compare le positif le plus parfait, obtenu par la méthode précédente, au négatif qui a servi à le produire, on est toujours frappé de la différence de netteté qui existe entre les deux épreuves; tous ces détails si délicats, ces demi-teintes harmonieuses qui s'aperçoivent dans le cliché, disparaissent plus ou moins dans l'image positive la mieux réussie. Cet inconvénient, peu important quand il s'agit de la reproduction d'objets de grande dimension, est, on le conçoit, un obstacle sérieux pour les reproductions micrographiques; il a pour cause la nature même du papier qui sert de support aux agents chimiques. Sa texture, nécessairement grenue, et sa porosité surtout, donnent toujours un aspect baveux aux contours les plus

délicats de l'image qui perd ainsi une partie de sa finesse; la couche d'albumine dont on recouvre le papier remédie en partie, il est vrai, à ce défaut; mais le mal existe toujours quelle que soit la méthode mise en usage.

Le collodion, au contraire, par sa texture essentiellement homogène et son épaisseur extrêmement faible ne partage pas cet inconvénient, et c'est là la principale cause de la grande supériorité des négatifs. Les détails les plus fins y sont nettement accusés et les demi-teintes acquièrent une douceur et une transparence merveilleuses. A ces avantages il faut encore ajouter la facilité extrême avec laquelle on élimine, par quelques lavages, les composés chimiques devenus inutiles, tandis que la porosité et l'épaisseur du papier rend toujours cette opération difficile et incertaine ; de là l'altération si fréquente des positifs sur papier, tandis qu'on n'a pas d'exemple de l'altération spontanée de négatifs.

Des avantages aussi sérieux feront accepter, sans aucune hésitation, une méthode capable de réunir sur une épreuve positive les qualités qui se trouvent à un aussi haut degré sur un négatif. La question peut être résolue d'une manière peu compliquée, et la méthode suivante réalise plusieurs

conditions importantes qu'on ne retrouve dans aucun autre procédé.

Épreuves sur collodion transporté. — Au lieu de produire l'image positive en appliquant directement sur le cliché une surface sensible à la lumière, on fait usage de la chambre noire pour la reproduction du négatif, exactement comme s'il s'agissait de photographier une gravure. Il est bien évident que les résultats devront être intervertis, et puisqu'un modèle quelconque fournit directement une épreuve négative, celle-ci, photographiée à son tour, devra donner une image positive. On voit de plus que l'on obtiendra à volonté une épreuve d'une dimension quelconque, depuis des réductions infiniment petites jusqu'à des amplifications qui n'ont, pour ainsi dire, aucune limite.

Enfin, comme il est complétement indifférent que le cliché présente à l'objectif l'une ou l'autre de ses faces, on pourra, sans difficulté, redresser une image qui aurait été renversé par l'action des appareils amplificateurs. C'est là souvent un très-grand avantage que ne possède aucune autre méthode. Il suffira donc, après avoir mis au foyer et pris toutes les précautions d'usage, de placer dans

l'appareil une glace collodionnée et de la développer par les moyens ordinaires. Il faut ensuite, pour terminer l'opération, substituer à la lame de verre un support moins fragile et susceptible de donner à l'épreuve un fond qui en fasse ressortir les détails. A cet effet, la couche de collodion est transportée sur une feuille de papier par des moyens spéciaux, et l'on obtient ainsi une image d'une perfection remarquable, et aussi peu fragile qu'un positif ordinaire.

L'appareil destiné à la reproduction du cliché ne diffère en rien d'une chambre noire ordinaire ; il est seulement nécessaire que sa longueur soit double de la distance focale de l'objectif, si l'on veut obtenir des épreuves d'une dimension égale à celle du cliché. On verra d'ailleurs, dans le chapitre suivant consacré aux méthodes d'amplification, quelle est la disposition la plus convenable à donner aux instruments.

La préparation des glaces est exactement la même que celle qui a été décrite pour le procédé humide, et cette méthode sera appliquée, dans toute sa rigueur, sans modifications essentielles. Le collodion doit toutefois satisfaire à une condition importante qui constitue la principale condition du succès. Celui

qui sert à la production des négatifs a l'inconvénient d'être trop fluide, de sorte que la couche ne possède pas une épaisseur suffisante pour être facilement transportée sur papier; il faut le rendre plus visqueux, en augmentant la proportion de pyroxyle qu'il renferme. Il est cependant difficile d'indiquer exactement la quantité de coton-poudre qui doit entrer dans sa composition, car on voit souvent des proportions égales de ce produit fournir des collodions de viscosités très-différentes; quelques essais préliminaires sont donc indispensables pour arriver à un dosage convenable. Il faut quelquefois porter à 2 pour 100 la quantité de pyroxyle tandis que 1 gramme est d'autres fois suffisant. Le collodion devra, dans tous les cas, être aussi épais que possible, pourvu qu'il conserve la propriété de s'étendre facilement.

La sensibilisation de la couche ne présente rien de particulier, il est seulement avantageux de faire usage d'un bain d'argent légèrement acide; on ajoutera au bain ordinaire 2 pour 100 environ d'acide acétique cristallisable.

La durée de la pose est extrêmement importante et ne peut être indiquée d'une manière précise. L'intensité de la lumière, le plus ou moins de trans-



parence du cliché, la longueur focale de l'objectif, la grandeur des diaphragmes, etc., sont autant de causes qui ont la plus grande influence sur la durée de l'action. Dans tous les cas elle est généralement très-courte et dépasse rarement dix à quinze secondes.

On peut, en faisant varier la durée de l'exposition, obtenir, avec un même cliché, des images positives de caractère très-différent, ce qui est, dans bien des cas, d'une grande utilité. C'est ainsi que, par une pose courte, on obtient une épreuve avec de vives oppositions et qui irait jusqu'à la dureté, si l'on réduisait par trop le temps de l'exposition. Au contraire, en prolongeant la durée de la pose, l'image acquiert beaucoup plus de douceur, les oppositions disparaissent, et l'on finirait même par détruire complétement l'effet et obtenir des épreuves tout à fait grises. On peut ainsi, par un excès de pose, modifier avantageusement la trop grande dureté d'un cliché, de même que, par le moyen contraire, on tirera souvent parti de négatifs faibles ou sans effet qui ne donneraient, par le procédé ordinaire de tirage, que des résultats inacceptables.

Le développement de l'image se fait à l'aide de l'acide pyrogallique comme pour les négatifs, avec

cette seule différence qu'il y a ordinairement avantage à faire usage d'une dissolution plus faible. Les proportions suivantes sont celles qui conviennent dans le plus grand nombre de cas :

Acide pyrogallique..........	1	gramme.
Eau distillée................	500	—
Acide citrique..............	3	—

Sous l'influence du révélateur, l'image doit apparaître presque immédiatement et arriver en très-peu d'instants à un développement complet. Si elle tardait à se montrer, ce serait un indice certain d'un défaut de pose, et le résultat définitif serait dur et manquerait de demi-teintes. Il ne faut pas toutefois que l'action soit trop prompte, car on verrait se manifester un défaut opposé; l'épreuve serait grise et sans oppositions. Les mêmes vices apparaîtraient encore si, avec un temps d'exposition convenable, l'action de l'acide pyrogallique était trop peu ou trop longtemps prolongée. Quoiqu'il soit difficile de donner à cet égard des indications précises, on peut dire cependant que une à deux minutes suffisent en moyenne à la venue de l'image.

La concentration du bain révélateur qui précède donne généralement de très-bons résultats; elle peut cependant être modifiée avec avantage selon

les conditions que remplit le cliché. A-t-on, par exemple, à reproduire un négatif à oppositions vives, très-vigoureux dans les noirs, il est préférable d'exagérer un peu la durée de l'exposition et de développer avec de l'acide pyrogallique plus faible; l'épreuve ainsi obtenue a beaucoup plus de douceur, car on donne aux demi-teintes le temps d'apparaître, avant que les noirs aient pris une trop grande intensité. S'agit-il, au contraire, d'un négatif faible et sans effet, il convient alors de diminuer le temps de pose et d'augmenter un peu la concentration du liquide révélateur. Il se passe ainsi un effet opposé au précédent, c'est-à-dire que les noirs du positif prennent de l'intensité avant que les demi-teintes soient trop venues, et, en arrêtant à temps l'action de l'acide pyrogallique, on peut varier à volonté les oppositions de l'image.

Enfin, l'opération du fixage n'exige aucune précaution particulière; on aura recours, comme d'habitude, soit à l'hyposulfite de soude, soit au cyanure de potassium.

L'image positive, obtenue par les moyens qui viennent d'être décrits, possède toujours une couleur désagréable qu'il est important de modifier. On y arrive facilement par une dernière opération

tout à fait analogue au virage des épreuves sur papier. La couche de collodion, débarrassée par un lavage complet des dernières traces du fixateur, est recouverte d'une dissolution de chlorure d'or aussi neutre que possible. La meilleure manière de préparer ce bain consiste à dissoudre 1 gramme de chlorure d'or dans 30 ou 40 centimètres cubes d'eau et à y ajouter quelques grammes de craie en poudre fine. Lorsque toute effervescence a cessé, on filtre la liqueur et l'on porte son volume à 1 litre, en l'étendant d'eau distillée. Ce bain se conserve indéfiniment sans altération, mais on doit rejeter la quantité qui a déjà servi à une opération.

Sous l'influence du chlorure d'or, l'image prend immédiatement une couleur d'un noir bleuté, et au bout de quelques instants cette transformation gagne toute l'épaisseur de la couche; on est certain que l'action est terminée lorsque l'image, examinée à l'envers, ne présente plus en aucun point la teinte grise qu'elle possédait primitivement. Le temps qu'exige le virage est assez variable selon les conditions de l'épreuve; il est d'autant plus long que celle-ci a mis plus de temps à se développer et qu'elle est formée de noirs plus intenses; il est rare cependant que l'action complète du bain

d'or exige plus de trois ou quatre minutes, et souvent même, elle demande beaucoup moins de temps. Il est quelquefois nécessaire de renouveler une fois ou deux la solution de virage ; ce cas se présente surtout lorsque l'image possède des portions très-opaques. L'épreuve est enfin lavée à grande eau, et il ne reste plus alors qu'à la transporter sur papier.

Le transport de la couche de collodion, qui semble au premier abord une opération extrêmement délicate, est, au contraire, de la plus grande simplicité et réussit d'une manière très-régulière, si le collodion dont on s'est servi se trouve d'une viscosité convenable. Ce transport peut s'effectuer sur la couche humide, mais il exige alors une certaine habileté ; aussi, vaut-il mieux avoir recours à la méthode suivante qui réussit d'une manière presque infaillible.

Après le dernier lavage, la plaque est placée sur un support à vis calantes dans une position parfaitement horizontale. On verse alors à sa surface autant d'eau distillée qu'elle peut en retenir, puis on applique sur la couche une feuille de papier albuminé ordinaire, préalablement mouillée, en ayant soin de ne pas emprisonner de bulles d'air. On redresse alors la glace en maintenant le papier par deux angles afin de l'empêcher de glisser, et l'on

mai[illegible] le tout pendant quelques instants dans une position verticale pour faire écouler le liquide. La plaque est alors abandonnée à elle-même jusqu'à ce que la feuille de papier soit *complétement* sèche ; on peut sans inconvénient la rapprocher d'un foyer ou la mettre au soleil pour hâter la dessiccation. Enfin, la glace est immergée dans une bassine pleine d'eau, et, au bout de dix à quinze minutes, la feuille de papier se détache presque spontanément, entraînant avec elle la couche de collodion qui y adhère de la manière la plus parfaite. L'épreuve une fois sèche est extrêmement brillante et les détails les plus délicats apparaissent avec toute la finesse qu'ils possédaient sur le négatif (1).

Comme on le voit par la description qui précède, cette méthode de tirage ne présente dans son exécution aucune difficulté sérieuse ; toutes les opérations

(1) On pourrait substituer au papier albuminé la carte-porcelaine, que nous avons indiquée depuis longtemps, comme donnant d'excellents résultats. L'image transportée sur cette substance est, en effet, plus brillante et d'un effet plus agréable ; mais sa surface est beaucoup plus fragile et s'éraille assez facilement. De plus, l'épaisseur du papier-porcelaine rend incommode le montage des épreuves, de sorte que, pour les applications à la micrographie, il y a tout avantage à se servir du papier albuminé qui conserve d'ailleurs au positif toute sa finesse.

essentielles sont identiques avec celle du procédé négatif, et un opérateur, déjà initié aux manipulations photographiques sera, après un petit nombre d'essais, au courant des quelques exigences qu'elle comporte. Bien qu'applicable sans exception à tous les cas qui se présentent, elle se prête d'une manière plus spéciale à l'amplification des petites épreuves, qui exige nécessairement l'emploi d'un objectif et une installation particulière. Enfin, lorsqu'on ne doit produire qu'un petit nombre de positifs, elle se recommande par le peu de temps nécessaire à son exécution, puisque quelques minutes suffisent pour arriver au résultat définitif. Il est à regretter seulement qu'elle ne puisse encore entrer, d'une manière régulière, dans la photographie industrielle ; on ne saurait refuser au procédé ordinaire de tirage des épreuves positives l'avantage d'être essentiellement plus pratique et d'être à la portée des ouvriers les moins exercés aux opérations délicates de la photographie.

Épreuves positives sur verre. — Il est dans bien des cas nécessaire d'obtenir une image positive sur verre, destinée à être examinée par transparence. C'est ce qui arrive par exemple pour les reproduc-

tions stéréoscopiques pour lesquelles le papier ne saurait être employé. Le grenu de sa surface produit, sous le grossissement très-modéré cependant du stéréoscope, un effet très-désagréable. On peut également tirer un parti très-avantageux des positifs sur verre pour l'amplification des négatifs de petite dimension. Que l'on suppose, en effet, une de ces petites épreuves transformée, par un moyen quelconque, en une image positive transparente ; celle-ci, amplifiée par un moyen analogue à celui qui vient d'être décrit, fournira un négatif agrandi qui se prêtera au tirage de nouveaux positifs par toutes les méthodes ; on pourra même, dans bien des cas, employer un système de grandissements successifs, c'est-à-dire produire d'abord, à l'aide du cliché, un positif transparent amplifié qui permettra d'obtenir par une seconde amplification un négatif grandi qui servira au tirage définitif. On comprend, d'après ces quelques mots, toutes les ressources nouvelles que peut créer la production de semblables épreuves, qui ont déjà, par elles-mêmes, des qualités précieuses, abstraction faite des applications spéciales qui viennent d'être énumérées.

Deux moyens peuvent être mis en usage selon qu'il s'agira de produire un positif d'une grandeur

égale ou différente de celle du cliché. Dans le premier cas, l'opération est extrêmement simple et très-expéditive. Il suffit d'appliquer contre le négatif, disposé dans un châssis à reproduction, la face sensible d'une glace préparée au collodion sec ou à l'albumine et d'exposer le tout pendant quelques instants à la lumière diffuse. L'épreuve, développée ensuite par les procédés ordinaires, donne une image positive d'une très-grande finesse, et reproduisant avec fidélité tous les détails du négatif. Le point le plus délicat de cette méthode est, comme toujours, la durée de la pose, qui doit être excessivement courte. Elle est subordonnée à l'opacité plus ou moins grande des négatifs et à l'intensité de la lumière, dix à vingt secondes suffisent ordinairement, et il est bien rare qu'il faille aller jusqu'à une minute.

Il est très-important, pour le succès de cette opération, que les deux surfaces collodionnées soient exactement appliquées l'une contre l'autre. Ce résultat s'obtient d'une manière certaine si l'on a fait usage de glaces planes, mais comme le plus souvent on aura recours à des verres ordinaires, il est important d'appliquer le collodion sur le côté concave de ces derniers. Il suffit alors d'exercer une légère

pression dans le châssis, sur le milieu des plaques, pour assurer un contact qui, sans être parfait sur toute la surface, est cependant toujours assez complet.

Lorsqu'on devra obtenir une image positive plus grande ou plus petite que le cliché, l'opération sera conduite d'une manière identique avec celle qui a été précédemment décrite pour les épreuves sur collodion transporté. On pourra employer avec un égal avantage le procédé humide ou le procédé sec; celui-ci est toutefois préférable à cause de sa moins grande rapidité qui permet de régler plus aisément le temps de la pose. Un seul point diffère d'une manière notable dans cette méthode, c'est le développement qui sera beaucoup plus vigoureux que si l'épreuve devait être transportée sur papier. On se guidera à cet égard sur l'intensité de l'image, qui doit produire tout son effet par transparence. Il est inutile d'ajouter que toutes les opérations qui suivent le fixage de l'épreuve doivent être supprimées.

Dans bien des cas cependant, une image obtenue par les moyens qui précèdent possède une couleur plus ou moins rougeâtre qu'il est très-important de modifier; non-seulement ce ton est désagréable

lorsque l'épreuve est destinée à être conservée dans cet état; mais si elle doit servir à produire, par amplification, un nouveau négatif, elle présenterait de très-graves inconvénients. La lumière rouge étant, en effet, très-réfractaire à l'impression photographique, une pareille épreuve, quoique en apparence douce et harmonieuse, ne serait capable de fournir qu'un négatif dur et heurté, puisqu'elle ne laisserait passer à travers ses demi-teintes que des rayons très-peu photogéniques. L'emploi du bain d'or, qui a été indiqué pour le virage du collodion destiné au transport, convient mal aux épreuves sur verre, car, au défaut d'en affaiblir notablement l'intensité, il joint celui de leur donner une teinte bleue qui aurait un inconvénient opposé à celui que l'on cherche à éviter.

Il vaut mieux avoir recours au bain de virage qui a été indiqué pour les épreuves positives sur papier. Le mélange de chlorure d'or et de phosphate de soude est versé à la surface de l'épreuve qui ne tarde pas à changer de ton, en perdant toutefois une partie notable de son intensité; aussi, doit-on suivre attentivement son action, pour ne pas trop affaiblir la vigueur de l'image, et arroser rapidement la plaque avec de l'eau, afin d'arrêter

l'effet du virage dès que l'image est parvenue à la teinte que l'on désire obtenir.

On peut, sans inconvénient, remplacer dans cette opération le chlorure d'or par le bichlorure de platine dont le prix est beaucoup moins élevé et qui fournit des tons aussi harmonieux que le sel d'or. Dans tous les cas, toute épreuve destinée à subir l'action d'un bain de virage doit avoir été fortement développée à l'acide pyrogallique, sans cette précaution l'image manquerait d'opacité dans les noirs et posséderait une uniformité désagréable qui nuirait beaucoup à l'effet général.

Les épreuves positives sur verre sont surtout applicables à la reproduction des clichés stéréoscopiques qui exigent toujours une très-grande finesse. Dans ce cas, la couche de collodion doit être protégée par un verre dépoli, et l'image est alors examinée au travers de la glace qui la supporte ; il en résulte un renversement qui n'offre souvent aucun inconvénient, mais qu'il est quelquefois très-important d'éviter. On peut alors faire l'épreuve sur le verre dépoli lui-même, ce qui donne beaucoup de solidité à la couche, qui devient très-adhérente et n'est plus susceptible de se soulever pendant les diverses opérations qu'elle doit subir.

On peut également, dans ce cas particulier, substituer aux glaces dépolies des verres cirés dont le grain est extrêmement fin et très-uniforme. L'opération du cirage se fait, d'ailleurs, très-aisément de la manière suivante (1). On dissout dans 100 grammes de benzine du commerce 12 à 15 grammes de cire blanche, et l'on chauffe le mélange à 40 ou 50 degrés; cette dissolution est ensuite versée sur les plaques de verre que l'on a soin de maintenir à peu près à la même température; au bout de quelques instants elles se trouvent recouvertes d'une couche uniforme de cire qui leur donne l'aspect d'une glace finement dépolie. Après quelques heures de dessiccation, on les recouvre de collodion ; et le reste des opérations ne diffère en rien de ce qui a été précédemment indiqué. On obtient, par ce moyen, d'excellentes épreuves qui possèdent souvent, sans qu'il soit besoin de recourir aux bains de virage, un ton plus agréable que celles que fournissent les procédés ordinaires. De plus, le collodion est d'une très-grande adhérence sur la couche de cire, ce qui le met à l'abri des déchirures qui se produisent avec tant de

(1) Cette méthode m'a été communiquée par M. Ernest Dumas, qui l'applique avec le plus grand succès à la production des épreuves stéréoscopiques.

facilité dans le procédé sec. Le seul reproche qu'on pourrait adresser à cette manière d'opérer consiste dans la difficulté de nettoyer les plaques qui ont déjà servi à des épreuves non réussies.

CHAPITRE VI.

MÉTHODES D'AMPLIFICATION.

L'amplification des épreuves photographiques est une de ces questions appelées à un très-grand avenir, et qui préoccupent vivement, depuis quelques années, les photographes les plus sérieux. Un grand nombre d'instruments, plus ou moins compliqués, ont été proposés pour résoudre le problème, qui nécessite souvent, dans ses applications artistiques, des appareils d'une grande dimension. Mais pour les besoins de la micrographie, bien qu'il soit souvent utile d'obtenir une image très-amplifiée d'un négatif, il n'est jamais nécessaire que cette image ait une grande surface, et il suffira presque toujours de reproduire seulement, dans une épreuve, les objets principaux qui ont seuls un intérêt de quelque importance. C'est ainsi qu'une épreuve posi-

tive de 15 ou 20 centimètres de diamètre sera toujours suffisante et souvent même il sera sans aucune utilité d'atteindre cette dimension. Réduite à ces limites, la question devient beaucoup plus simple, et le matériel affecté aux dispositions qui précèdent peut, avec quelques légères modifications, se prêter au grandissement des négatifs.

Disposition de l'appareil. — Tout appareil à grandissement se compose essentiellement d'un objectif à foyer très-court et d'une chambre noire dont la longueur, toujours considérable, est liée au grossissement que l'on désire obtenir. La mise au point s'effectue par le mouvement du négatif dont on règle la distance à l'objectif à l'aide d'une vis de rappel. La figure 40 indique une disposition très-commode dans laquelle on a utilisé tout le matériel destiné à la reproduction des objets microscopiques. Le cliché est fixé sur une planchette verticale A, entre deux règles à rainure qui peuvent être maintenues à diverses hauteurs au moyen de vis de pression. On met l'image approximativement au foyer en faisant mouvoir, à la main, cette planchette sur les coulisses qui la supportent, et l'on achève l'opération à l'aide d'une vis de rappel C,

qui prend son point d'appui sur la tablette horizontale D, fixée elle-même sur la partie mobile du pied de l'appareil.

Sur l'extrémité antérieure du tube E, se monte un objectif photographique ordinaire dont le choix a nécessairement une très-grande importance. Dans

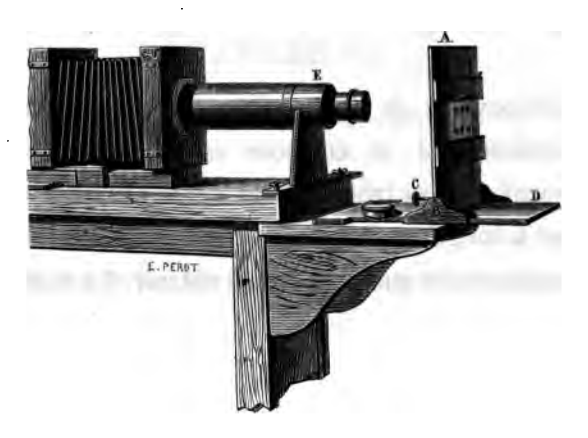


Fig. 40. — Appareil pour l'amplification des épreuves.

A. Planchette mobile supportant le négatif. — C. Vis de rappel pour la mise au point. — E. Tube-rallonge supportant l'objectif photographique.

tous les cas, lorsqu'on fera usage d'un objectif à portraits, il est nécessaire de le retourner, de manière que la lentille qui regarde ordinairement l'objet soit dirigée vers l'intérieur de la chambre noire. Sa longueur focale doit dépendre de l'amplification que l'on désire d'obtenir, mais il est

toujours utile que son foyer soit le plus long possible. Cela revient à dire que, pour produire une amplification déterminée, il vaut mieux employer une boîte très-longue et une lentille à long foyer qu'une boîte courte munie d'un objectif d'une petite distance focale. Cependant, comme dans les applications à la micrographie le négatif à amplifier possède presque toujours de très-petites dimensions, il est inutile d'exagérer ces conditions qui compliqueraient sans avantage la disposition déjà embarrassante des appareils. Avec une chambre noire de 1 mètre de tirage et un objectif de 9 centimètres de foyer environ, on reproduit d'une manière très-parfaite, à une amplification de dix fois, les petites épreuves de 2 à 3 centimètres fournies par les appareils précédemment décrits.

Quant à la nature des objectifs elle dépend essentiellement du mode d'éclairage que l'on aura adopté. Dans certains cas, un appareil à verres combinés est d'un usage indispensable; d'autres fois un objectif simple analogue à ceux qui servent à la reproduction des paysages sera suffisant ou même préférable. On verra plus loin à quelles conditions est lié l'emploi de tel ou tel système et quels sont leurs avantages et leurs inconvénients. Dans tous les cas le diamètre

de l'objectif n'a qu'une médiocre importance, et il suffit d'avoir recours à des verres de 3 ou 4 centimètres.

De l'éclairage. — Depuis que l'amplification des épreuves est entrée régulièrement dans le domaine de la photographie, il n'est pas de question dont on se soit plus vivement préoccupé que celle de l'éclairage qui convient le mieux au négatif à reproduire. Deux méthodes, essentiellement différentes par leurs principes, ont été proposées, l'une en France par M. Bertsch, la seconde en Amérique par M. Woodward ; l'une et l'autre présentent des avantages et sont également applicables aux grandissements photographiques, mais la seconde seule se prête d'une manière satisfaisante aux exigences de l'industrie, du moins avec les procédés de tirage dont elle fait actuellement usage.

M. Bertsch éclaire le cliché par de la lumière parallèle, soit en faisant usage des rayons solaires réfléchis par un simple miroir, soit en recevant ces rayons sur une large lentille convergente A et les ramenant ensuite au parallélisme par l'interposition d'un verre concave B d'une longueur focale convenable (fig. 41, n° 2). Cette seconde disposition,

qui n'a d'autre but que d'augmenter l'intensité de la lumière, est plus gênante qu'utile pour les besoins de la micrographie. Le cliché *n* est interposé sur

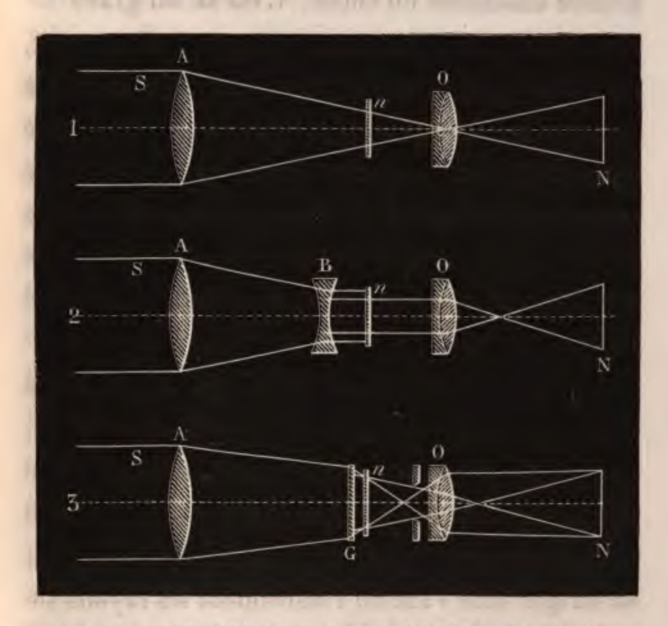


FIG. 41. — Dispositions diverses pour l'éclairage des négatifs.

A. Lentille condensateur.— O. Objectif. — *n*. Cliché photographique. — N. Image amplifiée du cliché. — S. Faisceau de lumière solaire.

le trajet du faisceau qui vient tomber ensuite sur l'objectif amplifiant O.

On voit, d'après l'inspection de la figure, que cet objectif doit nécessairement recevoir sur sa

première lentille tout le faisceau lumineux qui traverse l'épreuve, et que, par conséquent, son diamètre doit toujours être au moins égal à la plus grande dimension du cliché. C'est là un grave inconvénient sous plusieurs rapports : d'une part, en effet, cette méthode exige des objectifs d'une grande perfection puisqu'ils agissent par une grande étendue de leur surface; d'autre part, elle ne se prête pas facilement à l'amplification de grands négatifs, qui exigeraient des objectifs à grande ouverture et à court foyer, conditions difficiles à réunir.

Lorsque cependant le cliché est d'une petite dimension et ne dépasse pas 2 ou 3 centimètres, ce système donne des résultats très-satisfaisants et se recommande par sa grande simplicité. Il suffit alors, pour remplir toutes les conditions désirables, de diriger dans l'axe de l'instrument les rayons solaires réfléchis par un simple porte-lumière disposé à une hauteur convenable. On obtiendra, par ce moyen, soit un positif sur collodion si l'on reproduit directement le cliché, soit un négatif amplifié si l'on remplace le cliché par une épreuve positive sur verre produite par une des méthodes décrites plus haut. L'impression, toujours très-rapide de la

plaque sensible, n'exige jamais que l'on touche à la position du miroir réflecteur pendant la durée de la pose.

Dans la méthode de M. Woodward, les rayons solaires, d'abord réfléchis par un miroir plan, sont reçus sur une lentille convergente A (n° 1) d'un grand diamètre, dont le foyer coïncide avec le centre optique de l'objectif amplifiant O. Le cliché *n* se trouve placé dans une portion du cône lumineux, déterminée par la longueur focale de l'objectif et par la distance de l'écran qui reçoit l'image. Cette disposition possède, comme on le voit, l'avantage de n'utiliser pour la formation de l'image que la portion centrale de l'objectif dont la courbure est toujours beaucoup plus régulière que celle des bords; elle remplit, par conséquent, d'une manière plus satisfaisante, les conditions les plus favorables à la netteté, aussi peut-on se servir indistinctement d'objectifs simples ou combinés, quel que soit leur diamètre.

Quant à la grandeur du cliché que l'on peut reproduire, elle est liée au diamètre du condensateur, à sa distance focale et à celle de l'objectif amplifiant. Il faut, en effet, que le négatif se trouve compris en entier dans la section du cône de lu-

mière réfracté dont le condensateur représente la base ; de sorte que plus la longueur focale de celui-ci sera petite, toutes choses égales d'ailleurs, plus sera grande la surface éclairée du négatif. Cette surface augmentera aussi avec le foyer de l'objectif, puisque le cliché se rapprochera alors du condensateur. Pour les besoins ordinaires de la photographie, où l'on est obligé de réaliser un éclairage très-intense, pour reproduire dans son ensemble un négatif d'une assez grande dimension, on est forcé d'avoir recours à des condensateurs énormes dont le diamètre n'est pas inférieur à 40 ou 50 centimètres; dans de pareilles conditions les appareils ne peuvent être que très-dispendieux et très-imparfaits, car l'achromatisme de l'éclaireur, indispensable à la beauté des résultats, ne saurait être obtenu qu'à des prix inabordables (1).

(1) Ces instruments, connus sous le nom de *chambres solaires*, sont construits dans le but d'obtenir directement, sur papier positif, des épreuves amplifiées d'après des négatifs ordinaires. Le peu de sensibilité du chlorure d'argent exige toujours une pose très-longue comprise entre une demi-heure et une heure avec les meilleurs appareils. Il en résulte de graves inconvénients, parmi lesquels le plus sérieux consiste dans la nécessité de suivre, à l'aide du miroir, la marche du soleil pendant un temps aussi considérable. C'est, à notre avis, s'engager dans une mauvaise voie que de compliquer ainsi les appareils pour les



Heureusement que les exigences plus limitées des applications micrographiques permettent d'avoir recours à des appareils du même genre à la fois moins volumineux et plus parfaits.

Une lentille achromatique de 8 centimètres de diamètre et de 30 à 40 centimètres de foyer éclaire d'une manière très-uniforme un négatif de 20 à 30 millimètres lorsqu'on fait usage, pour une amplification de 8 à 10 fois, d'un objectif de 9 centimètres de longueur de foyer. L'image est alors très-vivement éclairée et nette dans toutes ses parties ; il ne faudrait pas croire cependant que l'intensité de l'éclairage soit suffisante pour permettre d'obtenir directement un positif sur papier préparé au chlorure d'argent, comme on le fait avec les appareils à grand condensateur. Une pareille méthode est loin d'être assez parfaite pour reproduire les

affecter à un procédé déterminé qui est en lui-même extrêmement défectueux ; il serait certainement plus rationnel de perfectionner les méthodes photographiques, afin de pouvoir se passer de ces complications. Nous ne doutons pas que l'on n'abandonne rapidement ces instruments si peu pratiques dès que l'on sera en possession d'une méthode de tirage permettant d'obtenir sur papier une impression rapide jointe aux qualités nécessaires à un bon positif. Les nouvelles recherches de M. Van Monckoven peuvent faire espérer que ce problème recevra bientôt une solution satisfaisante.

détails délicats des objets microscopiques, et, comme on l'a déjà vu, il est toujours préférable de faire usage du procédé au collodion. Aussi, quel que soit le mode d'éclairage auquel on donne la préférence, on sera toujours gêné par un excès de lumière plutôt que par sa trop faible intensité. Pour remédier à cet inconvénient, il est souvent nécessaire d'interposer sur le trajet des rayons lumineux une cuve verticale à sulfate de cuivre qui possède le double avantage de ralentir l'opération et de donner une plus grande netteté à l'image, en détruisant complétement le foyer chimique des lentilles.

Les deux moyens qui précèdent conviennent très-bien au cas le plus général où il s'agit d'amplifier un négatif de petite dimension; mais il arrive très-souvent que l'on aura intérêt à reproduire une épreuve d'une assez grande surface, soit dans sa dimension normale, soit même en lui faisant subir une réduction. La méthode de M. Bertsch ne saurait s'appliquer à ces conditions spéciales. Quant à celle de M. Woodward elle exigerait des appareils trop volumineux et trop dispendieux pour qu'on doive songer à en faire usage.

Un moyen très-simple, et qui n'exige l'emploi d'aucun appareil, permet d'obtenir d'excellents ré-

sultats : il suffit, en effet, de placer derrière le cliché *n* (n° 3) et à une petite distance, un verre dépoli *c* que l'on éclaire vivement, soit par un simple rayon solaire, soit par de la lumière concentrée par une lentille A. Le verre dépoli devient alors la source lumineuse, et l'on peut se servir, dans ce cas, soit d'un objectif combiné, soit d'un objectif simple, muni d'un petit diaphragme. La seule condition importante à remplir consiste à éloigner suffisamment le négatif de la glace éclairée, pour que les deux images ne coïncident pas sur la couche impressionnable, ce qui troublerait nécessairement la pureté de l'épreuve. Cette méthode est très-générale et s'applique même fort bien au cas des amplifications considérables ; son seul défaut serait alors de donner à l'image un éclairage peu intense, mais il est bien rare que ce soit là un obstacle sérieux, surtout lorsqu'on fait usage de la lumière si active du soleil.

Enfin, il est quelquefois très-utile d'obtenir, non une épreuve photographique agrandie, mais la simple projection d'une image micrographique fortement amplifiée. Ce cas se présente très-souvent, par exemple, pour les démonstrations dans les cours publics, où il est si difficile de montrer à un grand

nombre d'auditeurs les objets que l'on décrit. Ce que l'on doit chercher avant tout dans de pareilles conditions, c'est l'intensité lumineuse, qui doit être d'autant plus puissante que l'écran qui reçoit la projection aura une plus grande étendue.

Quand on dispose des rayons solaires, le problème est de la plus grande simplicité ; la disposition de l'appareil de Woodward est alors extrêmement avantageuse, et l'amplification peut être facilement portée jusqu'à 100 diamètres sans que l'image cesse d'être très-lumineuse. Mais comme, dans le plus grand nombre des cas, on devra s'adresser à une source de lumière artificielle, il est préférable d'avoir recours à une bonne lanterne magique qui fournir d'excellents résultats. Un appareil de ce genre, éclairé par la lumière de Drummond et muni d'une demi-boule de 8 centimètres, projette un cercle très-lumineux de $1^m,50$, en produisant un grossissement de cinquante fois. Si l'on songe maintenant qu'il est facile d'obtenir des épreuves très-nettes à un grossissement de trois à quatre cents fois, on voit qu'on peut atteindre, par ce moyen, l'amplification prodigieuse de 15 à 20 000 diamètres.

TABLE DES MATIÈRES

DEUXIÈME PARTIE.

Méthodes opératoires.

TABLE DES FIGURES

EXPLICATION

DES PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES.

PLANCHE I.

Fig. 1. — Fécule de pom[illegible]rre (lumière polarisée), 130 diamètres. Épr[illegible]ue avec l'objectif n° 3. (1)

Fig. 2. — Vaisseaux ponctués du sapin (lumière convergente), 70 diamètres. Objectif n° 2.

Fig. 3 — Acide urique de l'urine de l'homme (lumière convergente), 45 diamètres. Objectif n° 1.

Fig. 4. — Diatomées marines d'après une préparation de M. Bourgogne (lumière parallèle), 120 diamètres. Objectif n° 3.

Fig. 5. — Globules du sang de grenouille (lumière convergente), 350 diamètres. Objectif n° 4.

Fig. 6. — Acarus de la gale de l'homme d'après une préparation de M. Bourgogne (lumière convergente), 120 diamètres. Objectif n° 3.

PLANCHE II.

Fragment du *Pleurosigma angulatum*, 875 diamètres. Objectif n° 7 à immersion. Épreuve obtenue par deux amplifications successives.

PLANCHE III.

Helix costata, 18 diamètres (éclairage des objets opaques). Épreuve stéréoscopique obtenue à l'aide du demi-diaphragme.

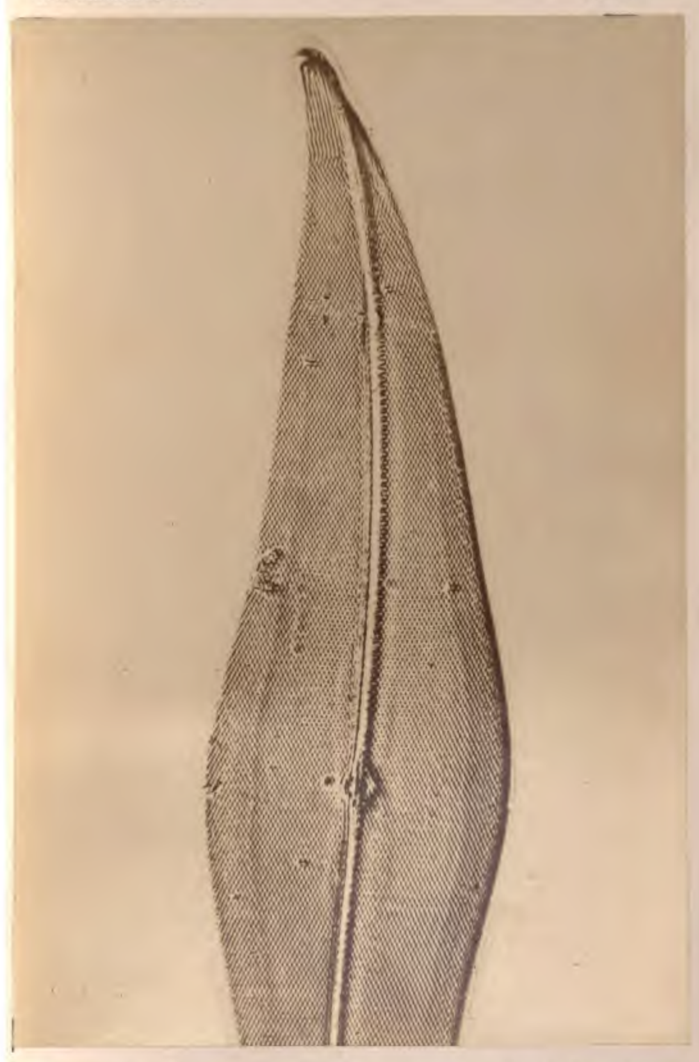
(1) Les numéros des objectifs correspondent aux instruments construits par M. Nachet.

FIN.



Moitessier. — Photogr. Tiré par Varroquier.

FIG. 1. Fécule de pomme de terre (polarisation), $\frac{150}{1}$. — FIG. 2. Vaisseaux ponctués du sapin, $\frac{70}{1}$. — FIG. 3. Cristaux d'acide urique, $\frac{45}{1}$. — FIG. 4. Diatomées marines du Hommet (Cherbourg), $\frac{120}{1}$. — FIG. 5. Globules du sang de grenouille, $\frac{150}{1}$. — *FIG. 6. Acarus* de la gale de l'homme, $\frac{120}{1}$.



Moitessier. — Photogr. Tiré par Varroquier.

Pleurosigma angulatum, $\frac{875}{1}$.



Moitessier.— Photogr. Tiré par Varroquier.

Helix costata, $\frac{18}{1}$.

(Épreuve stéréoscopique.)



